

**ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАДМІНІСТРАЦІЯ
УПРАВЛІННЯ ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Тези доповідей

ХІІІ регіональної наукової студентської конференції

(24-25 квітня 2013 року)

ХАРКІВ НТУ «ХПІ» 2013

ББК 22.3
А 43
УДК 53.02

Організаційний комітет:

Л.Л. Товажнянський Л.Л., д-р техн. наук, проф., ректор НТУ «ХПІ» (голова);
Є.І. Сокол, д-р техн. наук, проф., перший проректор НТУ «ХПІ» (заступник голови);
А.О. Мамалуй, д-р фіз.-мат. наук, зав. кафедри загальної та експериментальної фізики НТУ «ХПІ» (заступник голови).

Програмний комітет:

А.О. Мамалуй, проф. (голова);
В.К. Якуша, доц. (заст. голови);
І.В. Синельник, доц. (заст. голови);
В.І. Федорченко, доц. (заст. голови);
А.Я. Дульфан, доц. (заст. голови);
О.М. Андрєва, ас. (вч. секретар).

Друкується за рішенням вченої ради НТУ «ХПІ», протокол №12 від 4.04.2013р.

А43 **Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення**
[Текст]: тези доповідей XII регіон. студ. наук. конф.
(24-25 квітня 2013 року) / оргкомітет: Л.Л. Товажнянський
(голова) [та ін.]. – Харків : НТУ «ХПІ», 2013–164с.

У збірнику розглядаються питання, пов'язані з актуальними проблемами фізики у минулому, сучасному та майбутньому.

РЕГЛАМЕНТ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

24 апреля 2013 г., среда

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12¹⁵ ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, 105 АУДИТОРИЯ

Открытие XIII региональной студенческой научной конференции
«Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение»

Ректор Национального технического университета
«Харьковский политехнический институт», доктор техн.
наук,
проф. Товажнянский Л.Л.

Первый проректор Национального технического универси-
тета «Харьковский политехнический институт», доктор
техн. наук,
проф. Сокол Е.И.

Зав. кафедрой общей и экспериментальной физики, д-р
физ.-мат. наук, **проф. Мамалуй А.А.**

25 апреля секционные заседания:

9⁰⁰ атом. пр. У2 **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ**

10⁰⁵ 213 ауд. У2 **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**

10⁰⁵ 9 ауд. У2 **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ**

12¹⁰ опт. пр. У2 **СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ**

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12¹⁵ ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, 105 АУДИТОРИЯ

1. **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА В ПОЛОСТЯХ С ЗЕРКАЛЬНЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ** 18
Международная научно-исследовательская детско-юношеская лаборатория при кафедре общей и экспериментальной физики НТУ «ХПИ»
Уч.: СОШ №54 М. Тихенко, И. Патлах
Рук. Э.В. Тихенко
2. **ДВУМЕРНЫЙ И ОДНОМЕРНЫЙ УГЛЕРОД** 20
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
Ст.: А.В. Сасин, В.И. Кантур
Рук. проф. А.А. Мамалуй
3. **АРХИМЕД НА ОЛИМПИЙСКИХ ИГРАХ** 22
ХНУ им. В.Н. Каразина
Ст. М. Конкин
Уч.: СОШ № 9 И. Хромюк, СОШ № 100 В. Сидоренко
Рук.: доц. А.Р. Казачков, ХНУ им. В.Н. Каразина
Assoc. Prof. Marián Kireš, Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Košice, Slovakia
4. **СВЯЗЬ СИЛЫ АМПЕРА С СИЛОЙ ЛОРЕНЦА** 25
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
Ст. И.С. Ткачев
Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин
5. **ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЯКУ МОЖНА ОХОЛОДИТИ ВОДУ, ВІД ВИСОТИ З ЯКОЇ ЇЇ НАЛИВАЮТЬ** 27
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
Ст. М.П. Люль
Кер. проф. І.О. Гірка

6. **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖЧАСТИЧНОГО МАГНИТ-
НОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ НАНО-
КРИСТАЛЛОВ БАРИЕВОВОГО ГЕКСАФЕРРИТА** 30
Харьковский национальный университет
им. В.Н. Каразина
Ст. Д.А. Великий
Рук.: проф. Л.П. Ольховик, асп. К.А. Мозуль

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ

9⁰⁰ атомный практикум У2

1. **ТЕПЛОЕМКОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ВИС-МУТ-СУРЬМА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ** 32
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст. Д.А. Могилина
Рук.: проф. Е.И. Розачева, асп. А.Н. Дорошенко*
2. **ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ ПЛЕНОК, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТЬЮ ТВЕРДОГО ТЕЛА** 34
*Национальный технический университет «ХПИ»
Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины
Асп. М.С. Ключко
Рук.: доц. М.В. Воинова, проф. Е.С. Сыркин*
3. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ** 36
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: С. Аминов, О. Бабаев
Рук.: ст. пр. А.Н. Андреев, асс. О.Н. Андреева*
4. **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ** 43
*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Ст. М.С. Дмитренко
Кер.: Н.Б. Фатьянова, доц. Г.Я. Дульфан*
5. **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА В ИОННЫХ СТАБИЛИТРОНАХ** 46
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: И. Шестопалова, П. Трофимов
Рук.: ст. пр. А.Н. Андреев, инж. П.Л. Вейцман, асс. О.Н. Андреева*

6. **СУПЕРПАРАМАГНИТНОЕ СОСТОЯНИЕ В СИСТЕМЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ ГЕКСАФЕРРИТА: УСЛОВИЯ ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ И БЛОКИРОВКИ**

Харьковский национальный университет
им. В.Н. Каразина
Ст. А.Ю. Божко
Рук.: проф. Л. П. Ольховик, асп. К. А. Мозуль

51
7. **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ФЕРРИТОВОГО МАТЕРИАЛА-НОСИТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ**

Харьковский национальный университет
им. В.Н. Каразина
Ст.: И.В. Головенько, Е.Ю. Захарченко,
Рук.: проф. Л.П. Ольховик, асп. К.А. Мозуль

53
8. **СТРУКТУРНЫЙ РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ В СИСТЕМЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЛЬТРАМАЛЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ ЦИНКЗАМЕЩЕННОГО МАГНЕТИТА**

Харьковский национальный университет
им. В.Н. Каразина
Ст. А.В. Ищенко
Рук.: проф. Л.П. Ольховик, н.с. Н.М. Борисова

55
9. **ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ НА ПАРАМЕТРЫ БИОСОВМЕСТИМОЙ ПОДМАГНИЧИВАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Харьковский национальный университет
им. В.Н. Каразина
Ст. Д.А. Ефремов
Рук.: проф. Л.П. Ольховик, асп. К.А. Мозуль

58
10. **КАВИТАЦИОННЫЙ ТЕПЛОГЕНЕРАТОР ГИДРОТАРАН**

Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. С.С. Брагин
Рук. доц. Ю.И. Нефедов

61

11. **КОМПЕНСАЦИЯ ПОМЕХ ВЫЗВАННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ НАГРЕВА ПРИ АКТИВНОМ КОНТРОЛЕ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ** 63
*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. А.В. Горбань
Рук. ас. А.В. Мягкий*
12. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В НАПОРНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ** 65
*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. Т.Н. Дрибноход
Рук. ас. А.В. Мягкий*
13. **ЭКСИТОННЫЙ СПЕКТР ПОГЛОЩЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК KrI_3** 67
*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. С. В. Дацько
Рук. доц. Е.Н. Коваленко*

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

10⁰⁵ 213 аудитория У2

1. **ВОЗБУЖДЕНИЯ В ОДНО - И ДВУХАТОМНЫХ ОД-
НОМЕРНЫХ ЦЕПОЧКАХ СО ЗНАКОПЕРЕМЕН-
НЫМИ СИЛОВЫМИ КОНСТАНТАМИ** 69
ФТИНТ НАН Украины им. Б.И. Веркина
Национальный технический университет «ХПИ»
Докл.: асп. М. Ключко, асп. К. Минакова
Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин
2. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 72
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ**
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст. И.А. Азаренко
Рук.: доц. В.В. Пилипенко, доц. Е.Т. Лемешевская
3. *Национальный технический университет 75*
«Харьковский политехнический институт»
Ст. Т.Г. Гринько
Рук. доц. В.А. Лыках
4. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО МЕТОДА ДЛЯ 77
КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. А.Л. Кирюшин
Рук. доц. Р.П. Орёл
5. **ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В 79
ТЕПЛОМ НЕРАЗРЫВНОМ КОНТРОЛЕ**
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. Г.В. Фоменко
Рук. доц. Р.П. Орёл

6. **ОСМОС И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ЭНЕРГЕТИКА** 81
Харьковский национальный аграрный университет им В.В. Докучаева
Ст.: А.В. Репуло, В.А. Бугай
Рук. доц. С.С. Авотин

7. **ДЕМОНСТРАЦИЯ СВЯЗАННЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ** 84
Национальный технический университет «ХПИ»
Ст. К. Савченко
Рук. доц. А.Г. Лазаренко

8. **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ-НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ** 86
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
Ст. С. Батаченко
Рук. проф. А.А. Мамалуй

9. **ПОЛЯРНИЙ МАГНІТООПТИЧНИЙ ЕФЕКТ КЕРРА В МАГНІТНОМУ ФОТОННОМУ КРИСТАЛІ З ФЕРИТ-ГРАНАТОВИМ МІКРОРЕЗОНАТОРОМ** 87
Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України
Ст. К.В. Малахов
Рук. м.н.с. І.М. Лукієнко

10. **МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ РЕНТГЕНОГРАММ ПОРОШКОВЫХ ОБРАЗЦОВ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКТОМЕТРА** 89
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина
Ст. Д.С. Урденко
Рук.: доц. Е.М. Савченко, инж. Д.В. Толмачев

11. **ОРИЕНТАЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ КУБИЧЕСКОЙ И ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОВСКОГО ДИФРАКТОМЕТРА** 92
ХНУ им. В.Н. Каразина
Ст.: И.В. Головенько
Рук.: доц. Е.М. Савченко, инж. Д.В. Толмачев

- | | | |
|-----|--|----|
| 12. | ЗЕРКАЛЬНЫЕ ФОТОАППАРАТЫ: ФИЗИЧЕСКИЕ
ПРИНЦИПЫ, ОГРАНИЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ
<i>Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст. Д.Г. Волошин
Рук. доц. И.В. Синельник</i> | 94 |
| 13. | КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ
АТОМА ВОДОРОДА
<i>Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст. А.И. Бакланова
Рук.: доц. А.Ю. Сидоренко, доц. И.В. Синельник</i> | 95 |
| 14. | ФРАКТАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ
<i>Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст. Д.Б. Павлова
Рук. доц. М.В. Воинова</i> | 96 |
| 15. | КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
БРОУНОВСКОГО ДВИЖЕНИЯ
<i>Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст. Е.А. Ярьсько
Рук. проф. А.А. Галуза</i> | 98 |
| 16. | КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ И
ИЗУЧЕНИИ ОПТИЧЕСКИХ ИЛЛЮЗИЙ
<i>Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: А. Степанов, А. Харченко
Рук.: доц. И.В. Синельник, ст. пр. Г.Н. Белявская</i> | 99 |

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ

10⁰⁵ 9 аудитория У2

- | | | |
|----|---|-----|
| 1. | МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОВ
КИРХГОФА И ОМА | 100 |
| | <i>ХНУ им. В.Н. Каразина</i>
<i>Уч. ХОШ №100 С. Жигальцев</i>
<i>Рук.: А.А. Давиденко ХНУ им. В.Н. Каразина</i>
<i>Н.И. Сологуб ХОШ №100</i> | |
| 2. | ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ
МАТЕРІАЛІВ В МЕДИЦИНІ | 102 |
| | <i>Національний технічний університет «ХПІ»</i>
<i>Ст. О.А. Крикун</i>
<i>Рук.: доц. О.В. Савцова, доц. В.К. Якуша</i> | |
| 3. | МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕЧЕЙ КОСВЕННОГО
НАГРЕВА ДЛЯ ВАРКИ ЦВЕТНОГО СТЕКЛА | 104 |
| | <i>Национальный технический университет</i>
<i>«Харьковский политехнический институт»</i>
<i>Ст. Д.В. Петров</i>
<i>Рук., доц. Т.И. Храмова</i> | |
| 4. | «ДЕМОН МАКСВЕЛЛА» | 105 |
| | <i>Национальный технический университет</i>
<i>«Харьковский политехнический институт»</i>
<i>Ст. И.К. Мельников</i>
<i>Рук. вед. науч. сотр. кафедры ФМП, М.В. Москалец</i> | |
| 5. | БЛИЖНЕПОЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ МИКРОСКО-
ПИЯ (БОМ) | 108 |
| | <i>Национальный технический университет</i>
<i>«Харьковский политехнический институт»</i>
<i>Ст.: И.А. Азаренко, М.А. Дегтярь</i>
<i>Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, доц. Е.Т. Лемешевская</i> | |
| 6. | ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ
НАНОМАТЕРИАЛЫ | 109 |
| | <i>Национальный технический университет</i>
<i>«Харьковский политехнический институт»</i>
<i>Ст. А.Ю. Ростова</i>
<i>Рук. доц. А.Н. Дроздов</i> | |

14. **ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ - ЧАСТЬ ЭНЕРГЕТИКИ
БУДУЩЕГО** 130
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст. И.В. Столяревский
Рук.: доц. Ю.В. Меньшов, ст. пр. И.В. Галушак*
15. **ВИХРЕВЫЕ ТОКИ В МАССИВНЫХ ПРОВОДНИ-
КАХ** 132
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст.: Ю.Я. Лапкин, А.Э. Полеткин
Рук.: ст. пр. С.С.Кривонос, доц. Т.Н. Шелест*

СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

12¹⁰ оптический практикум У2

- | | | |
|----|--|-----|
| 1. | РОЛЬ ФИЗИКИ В РАЗВИТИИ ТЕХНИКИ И
ВЛИЯНИЕ ТЕХНИКИ НА РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ | 133 |
| | <i>Национальный технический университет «ХПИ»</i> | |
| | <i>Ст.: И.В. Григоренко, К.М. Ермакова</i> | |
| | <i>Рук.: доц. В.И. Белозерцева, проф. Е.С. Сыркин</i> | |
| 2. | ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ БЕСПРОВОДНОЙ
ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ | 135 |
| | <i>Национальный технический университет «ХПИ»</i> | |
| | <i>Ст. А.Р. Машьянов</i> | |
| | <i>Рук. доц. Л.Г. Петренко</i> | |
| 3. | ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА | 137 |
| | <i>Национальный технический университет «ХПИ»</i> | |
| | <i>Ст. М.Г. Розуменко</i> | |
| | <i>Рук. доц. Ю.В. Меньшов</i> | |
| 4. | ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ | 139 |
| | <i>Национальный технический университет</i> | |
| | <i>«Харьковский политехнический институт»</i> | |
| | <i>Ст. А.О. Шамайда</i> | |
| | <i>Рук. доц. М.В. Лебедева</i> | |
| 5. | КОСМИЧЕСКИЕ ПУТЕШЕСТВИЯ С ТОЧКИ
ЗРЕНИЯ ФИЗИКИ | 141 |
| | <i>Национальный технический университет</i> | |
| | <i>«Харьковский политехнический институт»</i> | |
| | <i>Сл.: И.А. Пулин, Ю.И. Райская</i> | |
| | <i>Рук.: доц. В.И. Белозерцева, ст.пр. И.А. Корж</i> | |
| 6. | ГЕОРГИЙ ГАМОВ – ТРИЖДЫ НЕЛАУРЕАТ НОБЕ-
ЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ | 142 |
| | <i>Харьковский национальный аграрный</i> | |
| | <i>университет им В.В. Докучаева</i> | |
| | <i>Ст.: В.Г. Воронько, А.О. Сиваков</i> | |
| | <i>Рук. доц. С.С. Авотин</i> | |
| 7. | ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ БОЗОНА ХИГГСА | 145 |
| | <i>Национальный технический университет</i> | |
| | <i>Харьковский политехнический институт”</i> | |
| | <i>Ст. А.О. Сивоченко</i> | |
| | <i>Рук. доц. А.А. Рожков</i> | |

- | | | |
|-----|---|-----|
| 8. | ФИЗИК В КРЕСЛЕ СТОМАТОЛОГА:
ФОТОПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
<i>Национальный технический университет «ХПИ»
Харьковский национальный университет
им. В.Н. Каразина
Харьковская городская студенческая больница
Ст.: Л. Баранова, В. Гущенко, Г. Кириченко
Рук.: доц. В.А. Лыках, доц. А.Р. Казачков,
Н.В. Пичугина</i> | 146 |
| 9. | ВЛИЯНИЕ ВОЛН НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И
МУЗЫКОТЕРАПИЯ
<i>Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст.: А.А. Болотинская, Р.А. Думнов
Рук. доц. Т.И. Храмова</i> | 148 |
| 10. | РЕНТГЕН И МЕДИЦИНА: ОТ ПЕРВЫХ
СНИМКОВ ДО КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ
<i>Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст.: А.С. Довгий, А.Е. Хлесткин
Рук. доц. Ю.Г. Окладной</i> | 149 |
| 11. | ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРОВ В МЕДИЦИНЕ
<i>Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст. А.С. Скиба
Рук. доц. Ю.Г. Окладной</i> | 152 |
| 12. | УЛЬТРАЗВУК В НАУКЕ, ТЕХНИКЕ, МЕДИЦИНЕ
<i>Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст.: Е.В. Скрипник, М. Тарасенко
Рук. доц. Ю.Г. Окладной</i> | 155 |
| 13. | КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ ЦИОЛКОВСКИЙ И
РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ
<i>Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст. И.С. Панкратов
Рук. доц. Г.И. Копач</i> | 157 |

14. **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ** 160
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст.: Э.В. Бичук, А.В. Кучеров
Рук. доц. А.А. Рожков*
15. **ОБРАТИМ ЛИ ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС?** 162
*Харьковский национальный аграрный
университет им В.В. Докучаева
Ст. О.В. Мисько
Рук. доц. С.С. Авотин*

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА В ПОЛОСТЯХ С ЗЕРКАЛЬНЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

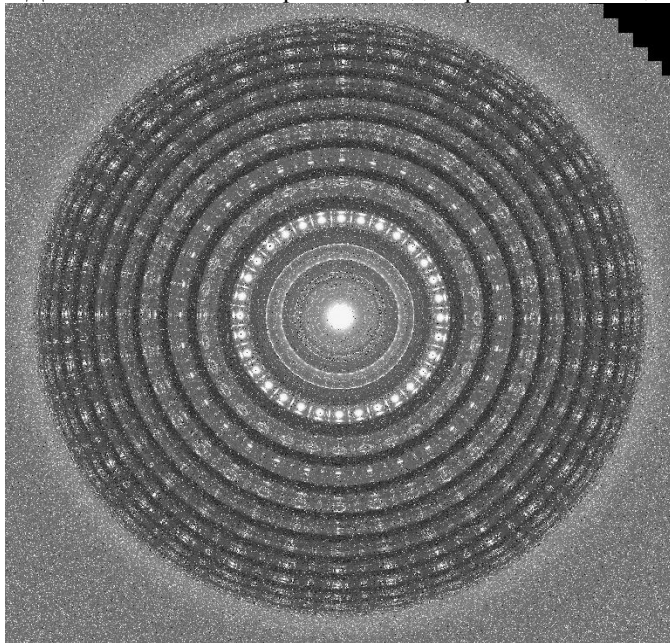
*Международная научно-исследовательская детско-
юношеская лаборатория при кафедре общей и
экспериментальной физики НТУ «ХПИ»*

Уч.: СОШ №54 М. Тихенко, И. Патлах

Рук. Э.В. Тихенко

Анализируя какие разделы физики являются наиболее интересными для пользователей Интернета, мы обнаружили, что многих с детства мучает следующий вопрос. Если построить куб с зеркальными внутренними гранями и включить внутри куба лампу, а затем ее выключить - останется ли свет внутри зеркального куба? Если останется, то как долго он будет там существовать?

Для ответа на этот вопрос мы смоделировали с помощью



3D-редактора «Blender 2.65» ряд зеркальных полостей - трехмерных объектов с зеркальными внутренними поверхностями различной формы. Помещая различные источники света и различные дополнительные объекты внутрь наших зеркальных полостей мы обнаружили следующее.....

ВИДЕО — ФОТО.....

ТЕОРИЯ

1 - Если зеркала идеальные, то свет останется внутри куба навечно. Однако зеркала неидеальны, и часть света будет поглощаться. Например, бытовые зеркала отражают всего 80% падающего на них света. Если встать между двумя зеркалами так, чтобы получился бесконечный ряд отражений, то можно заметить, что с увеличением номера отражения становятся всё более тёмными. Даже высококачественные зеркала для телескопов отражают не более 95–99% света. Важным фактором является и скорость света. Это 300 000 км/с, и если длина ребра куба 1 м, то луч за миллионную долю секунды отразится 300 раз, каждый раз теряя 5% своей яркости, т.е. станет тусклее в миллион раз.

2 - При поглощении энергии все тела нагреваются, так что наш куб станет немножко теплее.

3 - Следует учесть также влияние воздуха в нашем кубе – он тоже будет поглощать свет, хотя и не так интенсивно, как само зеркало.

4 - К идеальному зеркалу можно приблизиться, если использовать явление полного внутреннего отражения.

Например, если смотреть на границу вода–воздух из-под воды, то при малых углах зрения вы увидите зеркальную поверхность воды (конечно, если не будет волнения). Чтобы этот эффект наблюдался, луч должен падать из среды с более высоким показателем преломления в среду с более низким показателем преломления. Но свет будет затухать и при распространении в среде, и при отражении. Так что идеальных зеркал не может быть в принципе.

5 - Приближениями к идеальному кубу являются оптическое волокно, по которому световой луч распространяется с исключительно малыми потерями, алмаз с правильной огранкой (на гранях как раз и происходит полное внутреннее отражение), зеркальные резонаторы лазеров с высокой добротностью.

ДВУМЕРНЫЙ И ОДНОМЕРНЫЙ УГЛЕРОД

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: А.В. Сасин, В.И. Кантур

Рук. проф. А.А. Мамалуй

Последние десятилетия повышенный интерес исследователей в области физики конденсированных состояний вызывали низко-размерные кристаллические системы, пространственная организация атомов которых была квазидвумерной или квазиодномерной. Впервые этот интерес был обусловлен поиском экситонного механизма высокотемпературной сверхпроводимости, модель которой была выдвинута В.Л. Гинзбургом.

Согласно теоретическим представлениям низко-размерные кристаллические системы должны обладать неустойчивой решеткой. Длительное время попытки получить системы в виде атомарных плоскостей или цепочек были безуспешными.

В 2004 году ученые А. Гейм и К. Новоселов получили двумерный слой углерода из пластин графита [1]. После чего были проведены интенсивные исследования нового материала, который получил название графен. В 2010 году за свои исследования они стали лауреатами Нобелевской премии. Вследствии, исследований выделен ряд уникальных свойств.

Как было установлено, графен обладает уникальными физическими свойствами. К ним относятся:

- высокая химическая стабильность;
- высочайшая теплопроводность (~5 кВт/м*К);
- исключительная прочность и упругость (его механическая жесткость ~1 ТПа);
- непроницаемость для атомов других веществ;;
- высокая оптическая прозрачность;

Графен характеризуется высокой проводимостью, обусловленной высокой подвижностью носителей заряда. Это объясняется особенностями электронного энергетического спектра, особой электронной энергетической структурой вблизи уровня Ферми.

Закон дисперсии электронов носит линейный характер, вследствие чего носители заряда обладают практически нулевой эффективной массой и аномально высокой подвижностью. Как результат - гра-

фен является лучшим проводником электрического тока, по сравнению с любой другой пленкой такой толщины.

Необходимо отметить, что в графене может наблюдаться квантовый эффект Холла при комнатной температуре в магнитных полях до 20Тл.

Еще одно не менее уникальное свойство графена было обнаружено в работе [2] . При воздействии механических напряжений на графен поведение носителей заряда оказалось таким же, как при наличии огромного магнитного поля до (300 Тл). Такие поля были названы псевдо-магнитными.

В некоторых работах [3,4] сообщается о возможности перехода графена в состояние экситонного диэлектрика.

Таким образом, графен представляет собой уникальный новый материал, обладающий рядом аномальных физических свойств. Это определяет перспективы его применения.

Еще в большей степени уникальными свойствами должен обладать углерод в виде одномерной цепочки. В работе [5] при исследовании физических закономерностей формирования игольчатых графитовых нано-эмиттеров в сильных электрических полях было установлено образование моно-атомных углеродных одномерных цепочек и разработана модель распускания на атомные цепочки моно-слоистого графена под действием растягивающих сил. Такие цепочки обладают пределом прочности близким теоретическому.

Графен – уникальный материал с уникальными свойствами, поэтому уже сейчас сфера его применения довольно обширна. Например, в химической промышленности его активно используют в качестве газового сенсора, а так же для хранения водорода. Существуют технологии, позволяющие использовать графен в баллистической электронике и во многих других областях.

Список литературы:

- [1] Science 2 October 2004:571.[DOI:10.1126/science.306.5696.571a];
- [2] Science 30 July 2010: 544-547. [DOI:10.1126/science.1191700];
- [3] Л.В. Келдыш, Ю.В. Копаев, ФТТ 6, 2791 (1964);
- [4] Y. Nambu, G. Jona-Lasinio, Phys. Rev. 122, 345 (1961);
- [5] А.А Мазилков : «Высокополевое формирование игольчатых нано-эмиттеров при низких температурах».

АРХИМЕД НА ОЛИМПИЙСКИХ ИГРАХ

ХНУ им. В.Н. Каразина

Ст. М. Конкин

Уч.: СОШ № 9 И. Хромюк, СОШ № 100 В. Сидоренко

Рук.: доц. А.Р. Казачков, ХНУ им. В.Н. Каразина

*Assoc. Prof. Marián Kireš, Prírodovedecká fakulta UPJŠ,
Košice, Slovakia*

Важнейшая тема школьного и университетского курса физики *Закон Архимеда. Условия плавания тел* открывает большие возможности для нестандартных задач и творческих учебных проектов [1-3]. Данная работа была посвящена исследованию плавучести спортивных снарядов, что и определило название проекта.

На первом его этапе экспериментально определялась плотность таких тел, как алюминиевый гимнастический обруч, разнообразные игровые мячи и другого спортивного инвентаря. Анализ полученных данных позволил обратить внимание на удивительную, в пределах 3%, близость величин плотности таких внешне отличных тел как баскетбольный мяч и шарик для настольного тенниса ($\rho \approx 0.08 \text{ г/см}^3$). Также выяснилось, что теннисный мяч наименее плавучий из пустотелых спортивных мячей ($\rho \approx 0.4 \text{ г/см}^3$), а плотность алюминиевого гимнастического обруча оказалась близкой, но все же меньшей плотности воды. Было показано, что резерв плавучести баскетбольного мяча достаточен для удержания на поверхности воды тяжелого (масса 7250 г) спортивного ядра.

Следующей задачей проекта было построение анимационной компьютерной модели поведения тел при погружении в жидкость. Она была создана в электронных таблицах *Excel* при использовании специальных макросов [4]. На Рис.1 представлен виртуальный эксперимент, в ходе которого изначально сплошное спортивное ядро (Рис.1а) непрерывно трансформируется в полую сферу. При увеличении внешнего радиуса сферы R объем ее стенок остается постоянным и равным начальному объему ядра благодаря росту концентрической внутренней полости. Компьютерный эксперимент позволяет наблюдать всплывание сферы на поверхность жидкости, в которую она была виртуально погружена, если плотность сферы ρ становится меньше плотности этой жидкости. Интересно, что для стального ($\rho = 7.8 \text{ г/см}^3$) спортивного ядра массой 7250 г, погруженного в воду, это происходит при размере

соответствующей полый сферы очень близком к баскетбольному мячу (менее 2% разницы), Рис.2b.

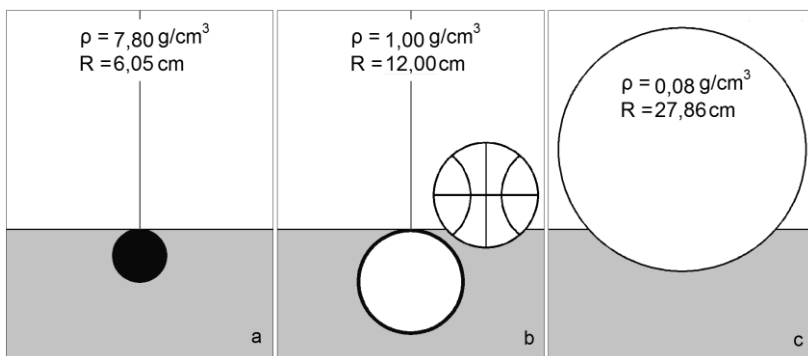


Рис.1. Виртуальный эксперимент по инфляции полый сферы, погруженной в жидкость.

Были найдены толщина стенок сферы в данном случае (5.4 мм) и при таком размере сферы, что ее плотность равна плотности баскетбольного мяча, Рис.1с (1 мм).

Разработаны оригинальные эксперименты, которые помогут учащимся понять причины возникновения выталкивающей силы (силы Архимеда). Была предложена шуточная версия демонстрации, «противоречащей» закону Архимеда [1,3]. Шарик, покоящийся на дне пустой перевернутой пластиковой бутылки без доньшка (Рис. 1а), не всплывает, если в бутылку налить жидкость «плотности меньшей, чем плотность шарика» (Рис. 1b).

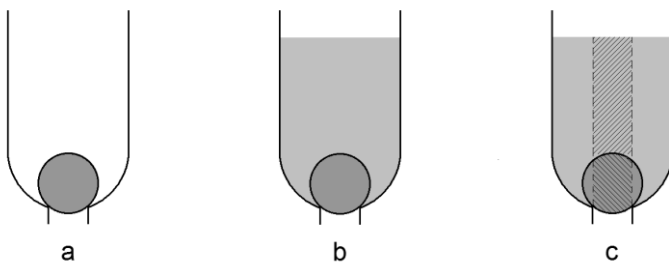


Рис.2. Эксперимент, «противоречащий» закону Архимеда.

В случае шарика для настольного тенниса плотность такой жидкости должна быть невероятно малой, менее $0,08 \text{ г/см}^3$. В действительности же бутылка заполняется подкрашенной водой. Шарик не всплывает, поскольку его нижняя поверхность граничит не с жидкостью, а с атмосферным воздухом, и значит, центральная область шарика испытывает только давление колонны воды, расположенной *над ней* (выделены штриховкой на Рис.1с). Периферийная область шарика испытывает давление воды как сверху, так и снизу, но результирующая сила Архимеда недостаточна, чтобы преодолеть силу прижима центральной области шарика.

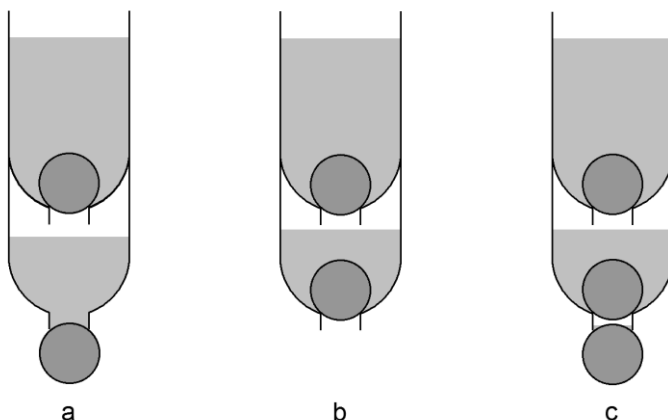


Рис.3. Варианты экспериментов, «опровергающих» закон Архимеда.

На Рис.3 приведены варианты развития данной демонстрации, предложенные участниками проекта.

Работа выполнена в рамках проекта: Research and Education at UPJŠ – Heading towards Excellent European Universities, ITMS project code: 26110230056, supported by the Operational Program Education funded by the European Social Fund (ESF).

Литература:

1. Dvořák L. Pokusy s vodou. In: Dilny Heuréky / Heureka Workshops 2006-2007. Prométheus, Praha, 2009, p. 127-136.
2. Onderová L. Netradičné experimenty vo vyučovaní fyziky. Metodické centrum Prešov, Prešov, 2002, 76 p.
3. Kazachkov A. Buoyancy head over heels: Archimedes Law revisited. In: Dilny Heuréky / Heureka Workshops. Prométheus, Praha, 2010.
4. А.Р. Казачков, С. Аверков, О. Игнатова. Применение анимации в электронных таблицах Excel при решении задач по физике. Материалы VII студенческой конференции «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение», Харьков, НТУ «ХПИ», 2007.

СВЯЗЬ СИЛЫ АМПЕРА С СИЛОЙ ЛОРЕНЦА

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. И.С. Ткачев

Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин

Действие магнитного поля на проводник с током было исследовано А.Ампером в 1820 году. Им было экспериментально установлено, что сила F , действующая на прямолинейный проводник, пропорциональна его длине Δl , магнитной индукции B и синусу угла между направлением тока и вектора индукции магнитного поля (закон Ампера):

$$F_A = I \cdot \Delta l \cdot B \cdot \sin(\Delta l \wedge B), \quad (1)$$

где символом $(\Delta l \wedge B)$ обозначен вышеупомянутый угол. В большинстве учебных пособий по физике указывается, что сила Ампера является равнодействующей сил Лоренца, действующих на заряды проводника. Сила, действующая на проводник, пропорциональна полному числу движущихся частиц, а значит, сила, действующая на одну движущуюся заряженную частицу, равна

$$F_l = q \cdot v \cdot B \cdot \sin(v \wedge B), \quad (2)$$

где q – величина движущегося заряда в проводнике, v – его скорость, $\sin(v \wedge B)$ – угол между скоростью заряда и индукцией магнитного поля”. Однако, как следует из (2), сила Лоренца действует только на движущиеся носители заряда (например, электроны в металлах), и не действует на покоящиеся ионы, которые, собственно, и являются ”главной частью” проводника, давая основной вклад в его массу. В связи с этим возникает вопрос, как сила Лоренца передаётся проводнику в целом. В существующей учебной литературе ответа на этот вопрос не даётся. Они предполагают существование ”своего рода трения между заряженными и незаряженными частицами”.

Чтобы понять механизм ”передачи” силы Лоренца от движущихся свободных электронов к проводнику в целом, рассмотрим, что же происходит в проводнике с током в магнитном поле.[1]

В 1880 г. Э.Холл обнаружил, что в проводнике, помещённом в магнитное поле, возникает разность потенциалов в направлении, перпендикулярном вектору магнитной индукции B и плотности тока j . Это явление сейчас называется эффектом Холла и объясняется действием силы Лоренца на движущиеся заряды.

В результате электроны проводимости отклоняются и скапливаются на поверхности проводника. На противоположной его поверхности образуется избыток положительного заряда покоящихся ионов. Эти заряды создают поперечное электрическое поле E , которое и приводит к возникновению "холловской" разности потенциалов, поперечной току. Кроме того, благодаря разделению зарядов в проводнике возникают электрические силы, действующие со стороны избыточного отрицательного заряда электронов проводимости на одной поверхности проводника, на избыточный заряд ионов на второй.

Итак, поперечное "холловское" электрическое поле E действует как на движущиеся электроны, так и на покоящиеся положительные заряды, заряды избыток которых образовался на нижней стороне проводника. Действие поперечного электрического поля E на движущиеся электроны уравнивается действием силы Лоренца:

$$qE = q \cdot vB(\hat{v}B), \quad (3)$$

где средняя скорость носителей тока v связана с плотностью тока j :

$$j = nqv, \text{ т.е. } E = \frac{j}{nq} \cdot B \cdot \sin(\hat{v}B) \quad (4)$$

Действие же поперечного "холловского" электрического поля на покоящиеся положительные заряды приводит к силе, действующей на ионы кристаллической решетки проводника, т.е. к макроскопической силе Ампера:

$$(nq \cdot \Delta V) \cdot E = S \Delta l \cdot nqE = S \Delta l \cdot nq \cdot \frac{j}{nq} \cdot B = S \cdot j \cdot B \Delta l \cdot \sin(\hat{\Delta l}B) = F_A, \quad (5)$$

где n – концентрация носителей тока в проводнике длиной Δl и площадью поперечного сечения S , ΔV – объём.

Вот таким образом сила Лоренца, действующая на движущиеся электроны, передаётся покоящимся ионами кристаллической решетки, т.е. всему проводнику.

Литература

1. Калашников Н.П., Мурьев С.Е. Физическое образование в вузах. Т. 16, №1, 2010.

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЯКУ МОЖНА ОХОЛОДИТИ ВОДУ, ВІД ВИСОТИ З ЯКОЇ ЇЇ НАЛИВАЮТЬ

Харківський національний університет

ім. В.Н. Каразіна

Ст. М.П. Люль

Кер. проф. І.О. Гірка

Досить часто актуальним стає питання про охолодження рідини як у домашніх, так і у лабораторних умовах. Відомо декілька способів зменшити температуру речовини, найефективнішим методом можна вважати приведення більш нагрітого тіла у контакт з менш нагрітим. Проте на скільки дієвими є інші прийоми зниження ступеня нагрітості рідин? Наприклад, рідину можна охолоджувати, наливаючи її з деякої висоти. Таким чином цікавою стає задача про дослідження залежності температури на яку можна охолодити рідину від висоти, з якої її наливають.

Для дослідження цієї задачі побудовано наступну модель:

- Вважатимемо, що вода охолоджується внаслідок випаровування частинок з її поверхні.
- У процесі експерименту струмінь неперервний і має форму циліндра.
- Тепловіддачею в зовнішнє середовище, вологістю повітря та іншими параметрами нехтуємо, так як їх внесок у загальний результат нехтовно малий.

Отже, вважаючи, що охолодження відбувається лише за рахунок випаровування маємо:

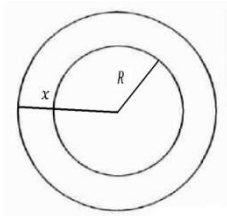
$$m_{\text{част}} N_{\text{част}} r = cm\Delta T \quad (1)$$

де $m_{\text{част}}$ – маса молекули води, $N_{\text{част}}$ – кількість молекул, що випарувалися, m - маса усієї охолоджуваної води.

Зв'язавши концентрацію молекул $n = \frac{p_{\text{ати}}}{kT}$, та їх кількість маємо:

$$N_{\text{част}} = \frac{p_{\text{ати}}}{kT} h\Delta S \quad (2)$$

де h - висота падіння води, ΔS - площа кільця, у якому знаходяться молекул, що покинули рідину за час її падіння.



$$\Delta S = S_x - S_R \quad (3)$$

де x – середня відстань, яку пройде молекула за час падіння R – радіус струменя води.

Скориставшись визначенням коефіцієнта дифузії маємо:

$$\Delta S = \pi \frac{\lambda \langle v_{\text{тепл}} \rangle t_{\text{пад}}}{3} - \frac{V}{l} \quad (4)$$

де λ – довжина вільного пробігу молекули води, $\langle v_{\text{тепл}} \rangle$ – середня теплова швидкість руху молекули, $t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ – час падіння краплі води від моменту її відриву, до моменту падіння, V – об'єм води, що охолоджується, l – довжина усього струменя води, $l = \frac{gt^2}{2}$, де t – час, за який уся вода вилетіть з колби.

Використовуючи (1) - (4) маємо формулу для визначення температури, на яку охолотиться вода, падаючи з деякої висоти h :

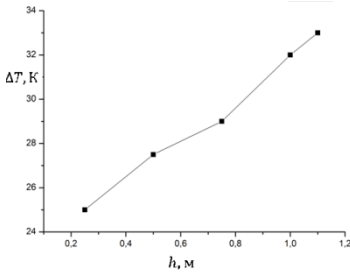
$$\Delta T = \frac{\mu p_{\text{атм}} h \gamma}{RT c \rho V} \left(\frac{\pi \lambda}{3} \sqrt{\frac{6RT h}{g \mu}} - \frac{2V}{gt^2} \right)$$

Підставивши відповідні значення величин ($h = 1$ м, $t = 60$ с, $V = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$, $T = 370\text{K}$), отримаємо $\Delta T = 17\text{K}$.

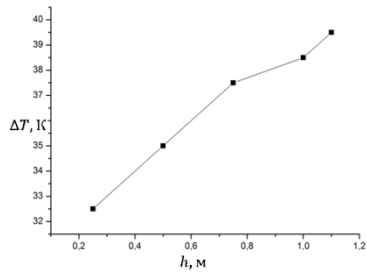
Для перевірки отриманих теоретичних розрахунків проведено наступний експеримент: посудина з рідиною (ділильна воронка) розташовувалася на висоті $h = 1,1\text{м}, 1\text{м}, 0,75\text{м}, 0,5\text{м}, 0,25\text{м}$, вода, що виливалася з воронки потрапляла до калориметру. Після того, як уся рідина вилася ($t = 100\text{с}, 200\text{с}, 300\text{с}, 400\text{с}$), проводився замір температури в калориметрі. Знаючи початкову $T_{\text{поч}}$ та кінцеву $T_{\text{кін}}$ температури визначали значення ΔT . На основі проведеного експерименту були побудовані графіки залежності температури, на яку охолоджується вода ΔT від висоти h для різних значень t .

Порівнюючи експериментальні результати з теоретичними, можна стверджувати, що вони добре узгоджуються, адже відносна похибка між експериментальними та теоретичними результатами складає

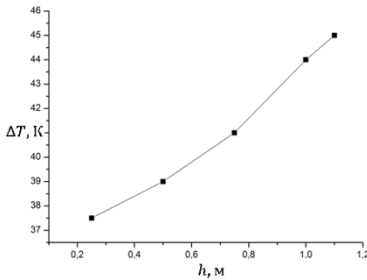
приблизно 40 %, до того ж характер експериментальних кривих співпадає з характером залежності, побудованої теоретично.



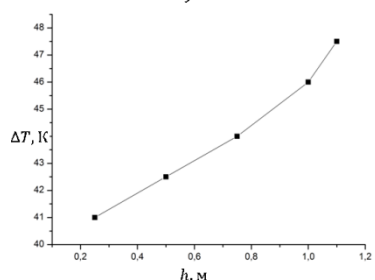
а)



б)



в)



г)

Залежність зміни температури ΔT від висоти h для різних значень витрати, $t=100$ с (а), $t=200$ с (б), $t=300$ с (в), $t=400$ с (г)

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta T_{\text{теор}} - \Delta T_{\text{практ}}}{\Delta T_{\text{теор}}} \right|$$

$$\varepsilon = \left| \frac{27 - 17}{27} \right| \cong 0,35$$

Отже у роботі

1. Побудовано модель охолодження води внаслідок падіння з висоти.
2. Розглянуто вплив різних керуючих параметрів на отриманий результат. Проведено теоретичний розрахунок температури, на яку можна охолодити воду при її падінні;
3. Для підтвердження теоретичної моделі було поставлено ряд експериментів;
4. На основі аналізу зроблено висновок про сходження теоретичних даних з практичними.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖЧАСТИЧНОГО МАГНИТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ БАРИЕВОВОГО ГЕКСАФЕРРИТА

Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

Ст. Д.А. Великий

Рук.: проф. Л.П. Ольховик, асп. К.А. Мозуль

Широкая среда применений высокоанизотропных порошковых ферритовых материалов традиционно, в технике (подмагничивающая, записывающая и радиопоглощающая среда), а также в современных медико-биологических технологиях (адресная доставка лекарств на клеточном уровне, усиление контраста магнито-резонансного изображения и прочее), служит основанием для изучения фундаментальных свойств индивидуальных частиц.

Межчастичное магнитное взаимодействие в уплотненном порошковом образце может существенно влиять на свойства индивидуальных частиц. В связи с этим возникает необходимость исследовать параметры в зависимости от внешних факторов – температуры и магнитного поля.

Объектом исследования был высокоанизотропный гексагональный феррит состава $\text{BaCo}_{0,8}\text{Ti}_{0,8}\text{Fe}_{10,4}\text{O}_{19}$ в виде плотноупакованных, хаотически ориентированных, однодоменных частиц. Определение параметра результирующего межчастичного магнитного взаимодействия основано на использовании известных аналитических соотношений, введенных Вольфартом [1] и экспериментальных методиках Хенкеля [2] и Келли [3].

Параметр определяет меру межчастичного магнитного взаимодействия

$$\Delta m(H) = m_d(H) - [1 - 2m_r(H)],$$

Где $m_d(H) = \delta_d(H)/\delta_d(\infty)$, $m_r(H) = \delta_r(H)/\delta_r(\infty)$, δ_r - изотермическая остаточная намагниченность; δ_d измеряется на предварительно намагниченном до насыщения образце после действия обратно направленного поля и его последующего выключения.

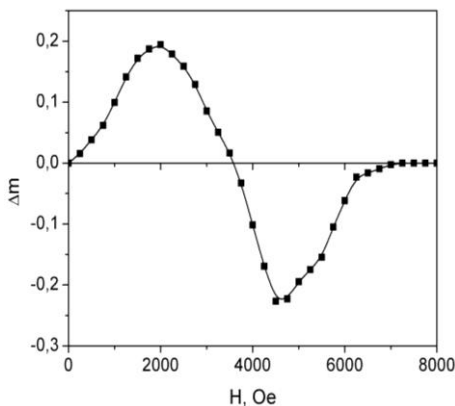


Рис.1

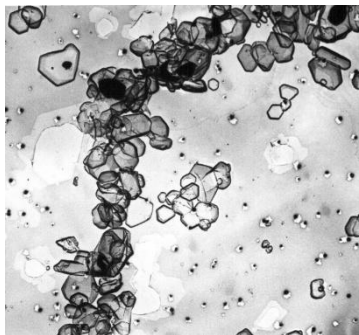


Рис.2

На рис.1 представлены результаты исследований параметра $\Delta m = f(H)$ при 300K. Знакопеременный характер зависимости $\Delta m = f(H)$ соответствует наблюдаемому ранее для системы микрокристаллов незамещенного феррита бария. Максимальные значения Δm наблюдаются в полях $H=2$ кЭ и $H=4,6$ кЭ. Параметр Δm - отражает результирующее межчастичное магнитное взаимодействие, ответственное за существование в исследуемой системе характерных типов агрегации частиц. Как видно из рис.2, наблюдается скопление частиц в виде протяженных «стопок», образующих замкнутые самоорганизованные структуры – кольца.

Таким образом, наличие в системе уплотненных наночастиц заметного межчастичного магнитного взаимодействия подтверждено непосредственным измерением параметра Δm и электронной микроскопией.

Литература:

1. Wohlfarth E.P. Relations between different modes of acquisition of the remanent magnetization of ferromagnetic particles//J.Appl.Phys.- 1958.- V.29.- P.595-596;
2. Henkel O. Remanenzverhalten und Wechselwirkungen in hartmagnetischen Teilchenkollektiven// Phys.Stat.Sol.-1964.- V.7.-P.919-929;
3. Kelly P.E. K. O'Grady, P.L. Mayo, R.W. Chantrell. Switching Mechanism in Cobalt-Phosphorus thin Films energies for hexagonal, tetragonal, and orthorhombic crystals// IEEE Trans.Magn.- 1989.- V.MAG-25, № 5.- P.3881-3883.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ

ТЕПЛОЕМКОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ВИСМУТ-СУРЬМА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. Д.А. Могилина

Рук.: проф. Е.И. Розачева, асп. А.Н. Дорошенко

Одним из основных методов управления свойствами материалов является образование твердых растворов. Согласно общепринятым представлениям физико-химического анализа, в пределах твердого раствора, не претерпевающего фазовых превращений, свойства изменяются непрерывно [1].

Между тем, существует ряд работ, в которых в полупроводниковых твердых растворах на концентрационных зависимостях физических свойств были обнаружены аномалии в области ~ 1 мол.% примесного компонента [2,3]. Было высказано предположение [4] об универсальном характере этих аномалий, связанных с фазовым переходом (ФП) перколяционного типа от разбавленного твердого раствора к концентрированному. ФП перколяционного типа подобны ФП 2 рода и поэтому должны характеризоваться наличием максимумов на концентрационной зависимости теплоемкости $C_p(x)$ вблизи критической точки [5]

Твердые растворы между полуметаллами Bi и Sb – чрезвычайно удобные объекты физики твердого тела для изучения концентрационных ФП, так как характеризуются непрерывной растворимостью в твердом состоянии. На изотермах кинетических и механических свойств твердых растворов $Bi_{100-x}Sb_x$ были обнаружены аномальные участки при $x \sim 0.5 - 1.5$, которые авторы [6] связывали с ФП перколяционного типа от разбавленных к концентрированным твердым растворам.

Твердые растворы $Bi_{100-x}Sb_x$ интересны не только с научной, но и практической точки зрения, так как являются лучшими низкотемпературными термоэлектрическими материалами в области температур ≤ 200 К, и широко применяются в холодильниках Нернста-Эттингсауэна, а также в радиоэлектронной аппаратуре в качестве приемников ИК-излучения [7].

В тоже время, изучению концентрационной зависимости теплоемкости твердых растворов $\text{Bi}_{100-x}\text{Sb}_x$ посвящено незначительное число работ [8], которые рассматривают твердые растворы с концентрацией сурьмы $x > 10$, что не позволяет обнаружить связь между $C_p(x)$ и аномальным поведением изотерм других свойств, обнаруженных при концентрациях сурьмы $x \sim 0.5 - 1.5$.

Цель работы – установить характер зависимости теплоемкости от состава твердых растворов $\text{Bi}_{100-x}\text{Sb}_x$ с целью обнаружения критических явлений, которые сопровождают переход от разбавленных к концентрированным твердым растворам.

Объект исследования – поликристаллические твердые растворы $\text{Bi}_{100-x}\text{Sb}_x$ ($x = 0 - 2$). Образцы для измерения температурных зависимостей теплоемкости $C_p(T)$ были получены методом холодного прессования измельченных кристаллов $\text{Bi}_{100-x}\text{Sb}_x$, изготовленных из высокочистых элементов Bi и Sb. Изготовленные в форме цилиндра образцы диаметром 15 мм и высотой 10 мм подвергались гомогенизирующему отжигу в течении 200 часов. Измерение теплоемкости проводилось в режиме монотонного нагрева в температурном интервале 298 – 523 К с помощью установки ИТ-с-400.

На основе температурных зависимостей были построены изотермы $C_p(x)$. Для твердых растворов с концентрацией сурьмы в интервале $x = 1.25 - 1.5$ обнаружено резкое увеличение теплоемкости, величина которого в максимуме ($x = 1.25$) превышает теоретическое значение, рассчитанное по правилу аддитивности, на $\sim 10\%$. Наличие максимума на $C_p(x)$ свидетельствует о существовании концентрационного ФП, который мы связываем с ФП перколяционного типа при переходе от разбавленных к концентрированным твердым растворам.

- [1] Н.С. Курнаков, Введение в физико-химический анализ, АН СССР, Москва-Ленинград (1940).
- [2] Б.Ф. Ормонт, ЖФХ, **52**, 342 (1978).
- [3] Е.Г. Гончаров, Ю.М. Бондарев, А.М. Ховив, Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология. Фармация, **1**, 15 (2008).
- [4] E.I. Rogacheva, A.A. Drozdova, O.N. Nashchekina, Phys. Status Solidi A, **207**, 344 (2010).
- [5] А.Л. Эфрос, Физика и геометрия беспорядка, Наука, Москва (1982).
- [6] E.I. Rogacheva, A.A. Yakovleva, V.I. Pinegin, M.S. Dresselhaus, J. Phys. Chem. Solids, **69**, 580 (2008).
- [7] Л.И. Анатычук, Термоэлементы и термоэлектрические устройства, Наукова думка, Киев (1979).
- [8] Я.А. Угай, Фазовые равновесия между фосфором, мышьяком, сурьмой и висмутом, Наука, Москва (1989).

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ ПЛЕНОК, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТЬЮ ТВЕРДОГО ТЕЛА

*Национальный технический университет «ХПИ»
Физико-технический институт низких температур
им. Б.И. Веркина НАН Украины
Асп. М.С. Клочко*

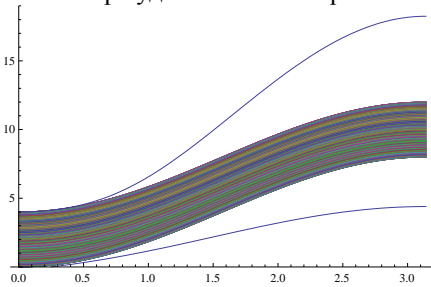
Рук.: доц. М.В. Воинова, проф. Е.С. Сыркин

Органические пленки широко используются как сверхчувствительные покрытия для гравиметрических акустических сенсоров, основанных на поверхностных акустических волнах (ПВ) [1]. Такие пленки с адсорбированным материалом образуют слоистые структуры с комбинированными механическими характеристиками. Взаимодействие адсорбированного материала с поверхностью пленки дает важную информацию о типе вещества, нанесенного на поверхность. Как известно, (см., напр., [2]), наличие адсорбированного монослоя влияет на образование и характеристики поверхностных волн. Такие системы используются для количественного анализа химического состава атмосферных газов [3].

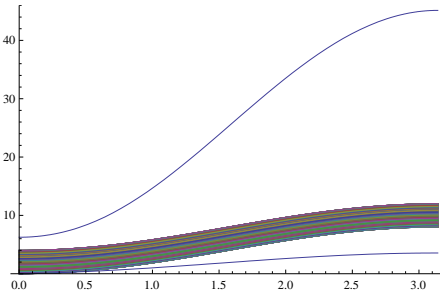
Характеристики поверхностных волн весьма чувствительны к свойствам поверхности, в связи с чем особый интерес представляют чисто сдвиговые поверхностные волны с горизонтальной поляризацией [4, 5].

В настоящем сообщении исследованы законы дисперсии фононов и поверхностных волн в кубическом кристалле. Для чисто сдвиговых волн были найдены законы дисперсии объемных и поверхностных колебаний в случае ориентации поверхности (001), (110), (111) для простого кубического (ПК), гранецентрированного кубического (ГЦК) и объемно-центрированного (ОЦК) кристаллов при учете взаимодействия между ближайшими соседями. Для вычислений использовалась методика, изложенная в работе [6]. Кроме того, были исследованы случаи атомов адсорбированного на поверхности монослоя, и более легких, чем атомы решетки, и более тяжелых. Для легких атомов нами были рассмотрены ситуации с $\frac{m_0}{m} = \frac{1}{2}$ (рис. 1а) и $\frac{m_0}{m} = \frac{1}{5}$ (рис. 1б), для тяжелых – $\frac{m_0}{m} = 2$ (рис. 1а) и $\frac{m_0}{m} = 5$ (рис. 1б) (здесь m_0 – масса атома адсорбированного монослоя, m – масса атома решетки). В случае лег-

ких атомов примесного монослоя, частота поверхностных волн отщепляется от верхней границы сплошного спектра, и амплитуда такой волны уменьшается и осциллирует по мере удаления вглубь кристалла. В случае тяжелых атомов частота поверхностной волны отщепляется от нижней границы сплошного спектра, и амплитуда колебаний монотонно убывает по мере удаления от поверхности.



а)



б)

Рис.1. Графики объемной зоны колебаний и поверхностных волн в случае $\frac{m_0}{m} = \frac{1}{2}$, $\frac{m_s}{m} = 2$ и $\frac{m_0}{m} = 5$, $\frac{m_0}{m} = \frac{1}{5}$ (а) и б) соответственно).

- [1] Воинова М.В., Косевич А.М., Сыркин Е.С. Влияние пленок Ленгмюра-Блоджетт на характеристики поверхностных волн в кристалле. **Акуст ж.** 1993,39, №5, с.944
- [2] Alldredge G.P., Allen R.E., deWette F.W. // **Phys.Rev.** 1971 V.4, No 6, 1682
- [3] Voinova M.V. J.Sensors 943125, 2009. On mass loading and dissipation measured with acoustic wave sensors: A review. P. 13.
- [4] Alldredge G.P. // **Phys.Lett.** A. 1972. V.41. No 3. P.281.
- [5] Гельфгат И. М. **ФТТ**, 1977, т.19, 1711
- [6] Ковалев А.С., Сыркин Е.С. // **КРИСТАЛЛОГРАФИЯ**, 1999, том44, №5, с.865 – 872.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: С. Аминов, О. Бабаев

Рук.: ст. пр. А.Н. Андреев, асс. О.Н. Андреева

Под электромагнитным экранированием понимается изоляция некоторой области от проникновения электромагнитных полей, существующих в окружающем пространстве. В статических и квазистационарных полях ($\lambda \gg l$, l – характерный линейный размер устройств) такая изоляция осуществляется с помощью замкнутых металлических оболочек – экранов. Экранирующие свойства проводника широко используются на практике для защиты приборов и устройств от переменных и импульсных электромагнитных полей. Физической причиной ослабления является суперпозиция магнитного поля внутри экрана, созданного наведёнными токами, и внешнего поля. Эти поля противоположны по направлению, поэтому результирующее поле внутри экрана уменьшается. В данной работе изучено явления экранирования переменного магнитного поля цилиндрическим проводящим экраном.

Теория

Рассмотрим проводник цилиндрической формы, по которому протекает переменный ток. Пусть в данный момент времени ток I имеет направление, указанное на рис. 1. Этот ток создаёт внутри проводника магнитное поле, линии индукции, которого лежат в плоскости перпендикулярной к оси проводника. Предположим, что ток усиливается $\left(\frac{dI}{dt} > 0\right)$. Тогда возрастающая индукция \vec{B} , согласно закону электромагнитной индукции, вызовет появление вихревого электрического поля \vec{E} (рис. 1 А), которое у поверхности проводника направлено так же, как и ток I , а на оси проводника – противоположно току. Это электрическое поле будет усиливать ток на поверхности и ослаблять его на оси проводника. Если I уменьшается $\left(\frac{dI}{dt} < 0\right)$, то индукция магнитного поля \vec{B} убывает. В результате возникает электрическое поле \vec{E} (рис. 1 Б), совпадающее по направлению с током на оси и противоположное току на поверхности. В обоих случаях вихревое электрическое

поле приводит к неравномерному распределению плотности тока по сечению проводника. Это явление называется скин-эффектом.

Скин-эффект существует не только при протекании переменного тока по проводнику, но в случае, когда проводник находится во внешнем переменном электромагнитном поле. При этом переменное электромагнитное поле не проникает внутрь проводника, а сосредотачивается вблизи его поверхности.

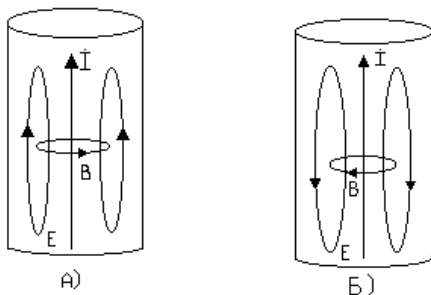


Рис. 1. Цилиндрический проводник с переменным током.

Решая уравнения Максвелла для тонкостенного проводящего цилиндра радиусом R и толщиной d ($R \gg d$), который помещён во внешнее переменное магнитное поле, изменяющееся со временем по гармоническому закону, получаем напряжённость магнитного поля внутри экрана:

$$H_1 = \frac{2H_0}{R\gamma sh(d\gamma) + 2ch(d\gamma)}, \quad (1)$$

где H_1 , H_0 – комплексные амплитуды напряжённости магнитного поля внутри и вне экрана соответственно; $\gamma = \frac{1+i}{\delta}$ где i – мнимая единица, δ – глубина проникновения поля (толщина скин-слоя):

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu\mu_0\sigma\omega}}, \quad (2)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, $\tilde{A}i/i$ – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость экрана (в данной работе $\mu \approx 1$); σ – проводимость экрана; ω – циклическая частота внешнего магнитного поля.

Из анализа соотношения (1) следует: а) что поле внутри экрана отстаёт по фазе от внешнего поля (т.к. знаменатель является комплексным

числом); б) при стремлении частоты внешнего магнитного поля к нулю поле внутри немагнитного ($\mu \approx 1$) экрана не ослабляется и совпадает с внешним полем.

Для характеристики эффективности экранирования вводится величина, которая называется *коэффициентом экранирования*, равная отношению абсолютных величин напряжённости поля в полости экрана $|H_1|$ к напряжённости внешнего поля $|H_0|$:

$$\kappa = \frac{|H_1|}{|H_0|}. \quad (3)$$

Она характеризует качество экрана, которое зависит от его геометрических размеров и материала. Обратная величина:

$$\eta = \frac{|H_0|}{|H_1|} \quad (4)$$

показывает, во сколько раз внешнее поле ослабляется в экранируемой области и называется *степенью экранирования*.

Рассмотрим два предельных случая вытекающие из соотношения (1):

1) слабый скин-эффект (малые частоты $d \ll \delta$):

$$H_1 = \frac{H_0}{1 + i \frac{Rd}{\delta^2}} = \frac{H_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{Rd}{\delta^2}\right)^2}} e^{-i \left(\arctg \frac{Rd}{\delta^2}\right)} \quad (5)$$

Переходя к вещественным числам и учитывая соотношения (2) и (3) получим:

$$\kappa = 1 - \frac{(\mu\mu_0\sigma Rd)^2 \omega^2}{8} \quad (6)$$

Поле внутри экрана согласно (5) запаздывает по фазе:

$$\Delta\varphi = \arctg \frac{Rd}{\delta^2} \quad (7)$$

2) сильный скин-эффект (большие частоты $\delta \ll d$):

$$H_1 = \frac{2H_0 \frac{\delta}{R} e^{-kd}}{1 + i} = \sqrt{2} H_0 \frac{\delta}{R} e^{-\frac{d}{\delta}} e^{-i \left(\frac{d}{\delta} + \frac{\pi}{4}\right)} \quad (8)$$

Тогда коэффициент экранирования равен:

$$\kappa = \sqrt{2} \frac{\delta}{R} e^{-\frac{d}{\delta}} \quad (9)$$

Разность фаз между внешним магнитным полем и полем внутри экрана:

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{4} + \frac{d}{\delta} = \frac{\pi}{4} + d\sqrt{\frac{\mu_0\sigma\omega}{2}} \quad (10)$$

Описание установки и методики измерений.

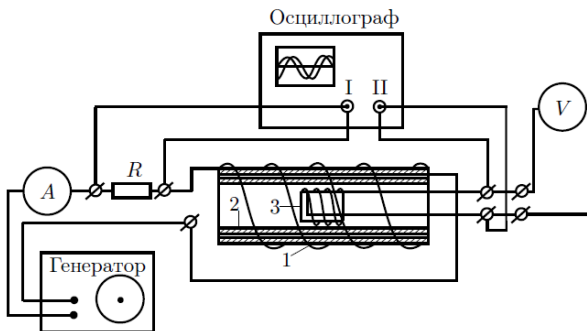


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки для исследования проникновения переменного поля в полый алюминиевый цилиндр представлена на рис. 2. Переменное магнитное поле создаётся с помощью соленоида, намотанного на полый цилиндрический каркас 1, который подключается к генератору звуковой частоты. Внутри соленоида расположен алюминиевый цилиндрический экран 2 ($R = 13\text{ мм}$, $d = 1\text{ мм}$).

Для измерения магнитного поля внутри экрана используется измерительная катушка 3. Действующее значение переменного тока в цепи соленоида измеряется амперметром «А», а действующее значение напряжения на измерительной катушке, определяется с помощью вольтметра «V». Для измерения сдвига фаз между током в цепи соленоида и напряжением на измерительной катушке используется двухканальный осциллограф. На вход одного канала подаётся напряжение с резистора R , которое пропорционально току в соленоиде, а на вход второго канала – напряжение с измерительной катушки.

Пусть магнитное поле создаваемое соленоидом изменяется внутри экрана по закону:

$$H_1 t = H_1 e^{i\omega t}. \quad (11)$$

Тогда ЭДС индукции в измерительной катушке будет:

$$\varepsilon_i = -SN\mu_0 \frac{dH_1}{dt} = -i\mu_0 SN\omega H_1 e^{i\omega t}. \quad (12)$$

В этом случае действующее напряжение на катушке, измеренное вольтметром:

$$U_{\varepsilon} = \frac{\mu_0 SN\omega}{\sqrt{2}} |H_1|. \quad (13)$$

Из данного соотношения видно, что напряжённость поля внутри экрана:

$$|H_1| \sim \frac{U_{\varepsilon}}{\omega} \sim \frac{U_{\varepsilon}}{f}. \quad (14)$$

Для того чтобы в процессе измерения частотной зависимости коэффициента экранирования не поддерживать постоянным ток через соленоид, приведём амплитуду поля внутри экрана к единичному току через соленоид:

$$|H_1| \sim \frac{U_{\varepsilon}}{fI_A}. \quad (15)$$

Обозначим величину стоящую справа в выражении (15), которая пропорциональна амплитуде поля внутри экрана, через ψf :

$$\psi f = \frac{U_{\varepsilon}}{fI_A}. \quad (16)$$

Для определения коэффициента экранирования необходимо определить напряжённость поля вне экрана при том же единичном токе через соленоид. Измерив ψf в диапазоне малых частот и экстраполируя к $f \rightarrow 0$ линейную зависимость ψf^2 , получаем величину $\psi_0 = \psi f_0$, которая пропорциональна амплитуде магнитного поля вне экрана при единичном токе через соленоид. Тогда коэффициент экранирования магнитного поля на определенной частоте будет равен:

$$\kappa = \frac{\psi f}{\psi_0} = \frac{U_{\varepsilon}}{fI_A\psi_0}. \quad (17)$$

С помощью соотношения (10) можно рассчитать электропроводность используемого экрана. Для этого необходимо измерить частотную зависимость разности фаз между магнитным полем внутри и вне экрана в области больших частот (сильный скин-эффект). Аппрок-

симируя полученную зависимость $\Delta\varphi \sqrt{f}$ прямой линией, находим тангенс угла наклона этой прямой к оси абсцисс, который пропорционален проводимости экрана.

Результаты и их обсуждение

Измеряя напряжения на катушке и ток соленоида в области малых частот с помощью соотношения (16) рассчитываем множитель ψf пропорциональный напряжённости поля внутри экрана. Для определения напряжённости магнитного поля вне экрана была построена зависимость ψf^2 , которая аппроксимировалась прямой (рис. 3).

Прямая пересекает ось ординат в точке $\psi_0 = \psi_0 = (8.96 \pm 0.07) \cdot 10^{-4} \frac{\text{Ом}}{\text{Гц}}$. Эта величина пропорциональная напряжённости магнитного поля вне экрана.

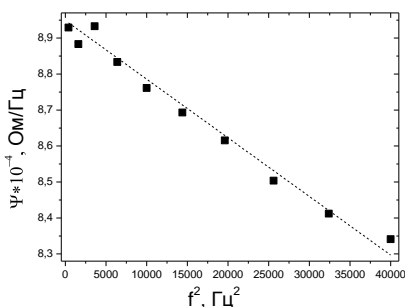
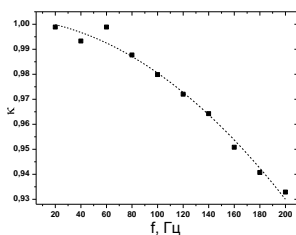


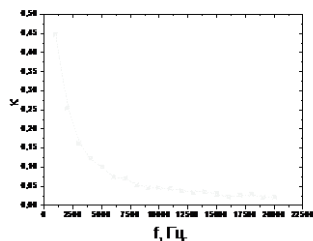
Рис.3. Зависимость ψf^2 в области слабого скин-эффекта.

Проводя измерения коэффициента ψf в широком диапазоне частот и разделив полученные значения на ψ_0 получаем, согласно выражению (17), зависимость коэффициента экранирования алюминиевого цилиндра от частоты внешнего магнитного поля (рис. 4). Из рисунка видно, что в области малых частот (когда $d \ll \delta$) скин-эффект выражен слабо и амплитуда поля внутри экрана практически совпадает с напряжённостью поля вне экрана (рис. 4 а), где пунктиром проведена сглаживающая кривая). Это соответствует магнитостатическому экранированию. При дальнейшем увеличении частоты коэффициент экранирования κ убывает значительно быстрее (рис. 4 б). Что свидетель-

ствуется о проявлении электромагнитного экранирования в этом диапазоне частот.



а) малые частоты



б) средние частоты

Рис. 4. Частотная зависимость коэффициента экранирования.

Измеряя с помощью осциллографа частотную зависимость разности фаз между напряжённостями магнитного поля внутри и вне экрана (рис. 5) получает значение проводимости алюминиевого цилиндрического экрана: $\sigma = (3.18 \pm 0.19) \cdot 10^8 \frac{\text{См}}{\text{м}}$ (табличное значение для

алюминия $\sigma_T = 3,7 \cdot 10^8 \frac{\text{См}}{\text{м}}$).

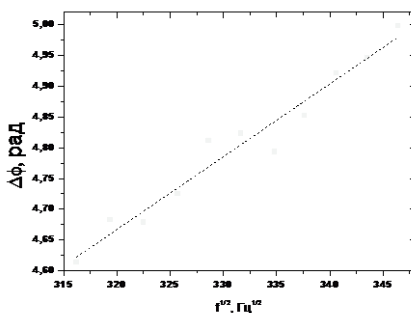


Рис. 5. Зависимость $\Delta\varphi \sqrt{f}$ в области сильного скин-эффекта.

Таким образом, изучение скин-эффекта позволило определить коэффициент экранирования и проводимость алюминиевого экрана.

Список литературы:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. М.: Наука, 1983, 703 с.;
2. Шапиро Д.Н. Основы теории электромагнитного экранирования. Л.: 1975, 112 с.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

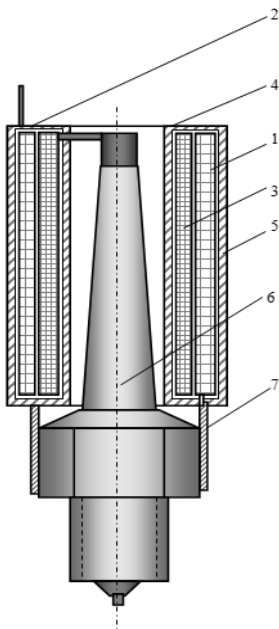
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Ст. М.С. Дмитренко
Кер.: Н.Б. Фатянова, доц. Г.Я. Дульфан*

Автомобіль в даний час став мало не основним засобом транспорту для переважної більшості людства, але він же, на жаль, і головний глобальний забруднювач навколишнього середовища. Тому більшість учених і практиків сходяться на тому, що, з одного боку, відмовитися від нього неможливо, а з іншого - необхідно здійснити термінові заходи по зниженню екологічного впливу. І перш за все — зменшенню кількості моно- і діоксидів вуглецю, а також оксидів азоту і незгорілих вуглеводнів. Проблема ця, безумовно, вельми складна, трудомістка і дорога. Існуючі конструкції традиційних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) практично вичерпали інноваційний потенціал, тому сучасні тенденції розвитку технологій підвищення економічної ефективності і екологічної безпеки АТЗ формально можна розділити таким чином. Перший напрям — використання альтернативного палива. Так використання водню як палива для традиційних теплових двигунів, особливо в електрохімічних генераторах (паливних елементах), надзвичайно перспективно і лише величезні фінансові витрати на розробку промислових технологій отримання, транспортування і зберігання водню стримують його широке застосування. Як тимчасовий наслідок цієї проблеми — другий напрям — гібридні силові установки (ГСУ). Представляється очевидним, що в недалекому майбутньому ГСУ будуть витіснені класичними електромобілями внаслідок наявності непереборних недоліків — необхідності подвійного перетворення енергії, ефективність якого завжди нижча. Третій напрям представляється традиційним — подальше вдосконалення конструкції і робочих процесів поршневих двигунів, що найактивніше розвивається корпораціями “Ford”, “GM” і “Chrysler”, які розробили камери згоряння для спалювання Perezbidenen паливоповітряних сумішей, що забезпечуює мінімізацію витрати палива і шкідливих викидів практично для всіх режимів двигунів. Однак для ефективної реалізації цього напрямку необхідна розробка інноваційних систем запалювання, які б

забезпечували надійне запалення перезбіднених паливоповітряних сумішей.

Пропонована розробка має відношення до автомобілебудування і може бути використана в конструкції ефективної компактної індивідуальної котушки запалювання для двигуна внутрішнього згоряння. Застосування для виготовлення магнітного сердечника пластин з наноструктурного (аморфного) феромагнітного матеріалу, наприклад, METGLAS дозволяє збільшити напругу і потужність іскроутворення без збільшення габаритів індивідуальної котушки запалювання унаслідок п'ятикратної переваги магнітних характеристик аморфних феромагнітних матеріалів над залізкремністою трансформаторною сталлю за рівнем втрат енергії у сердечнику при індукції 1 Тл і вище.

Конструкція інноваційної котушки запалювання представлена на (рис.1). Індивідуальна котушка містить низьковольтну обмотку 1, обладнану низьковольтним з'єднувачем 2, високовольтну обмотку 3, обладнану високовольтним з'єднувачем 4, які поміщені у магнітний сердечник 5, виконаний у вигляді замкнутого магнітопровода з пластин аморфного феромагнітного матеріалу, наприклад, METGLAS.



Індивідуальна котушка запалювання встановлюється на кожну свічку запалювання 6 двигуна і фіксується пружним затискачем 7, який також є загальним виводом котушки.

Працює індивідуальна котушка запалювання таким чином. При проходженні струму по низьковольтній обмотці 1 утворюється магнітне поле, яке пронизує також високовольтну обмотку 3 і посилюється магнітним сердечником 5, виконаним у вигляді замкнутого магнітопровода, який концентрує силові лінії магнітного поля унаслідок мінімального магнітного опору магнітопровода, виконаного з пластин аморфного феромагнітного матеріалу, наприклад, METGLAS. При розмиканні струму низьковольтної обмотки 1 у високовольтній обмотці 3 індукується висока напруга, пропорційна швидкості зменшення елект-

ричного струму, яка через високовольтний з'єднувач 4 подається на центральний електрод свічки запалювання 6.

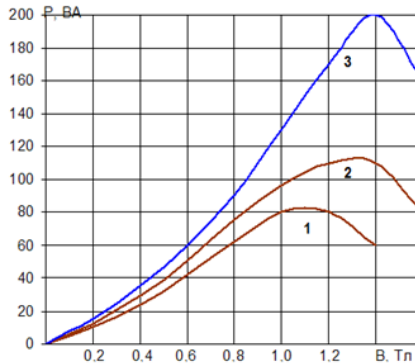


Рис.2

На рис.2 представлені графіки залежності перетворюваної потужності котушки запалювання від величини магнітної індукції з магнітопроводами однакового об'єму, виготовленими з пластин трансформаторної сталі завтовшки 0,3 мм (рис.2, графік 1), пластин трансформаторної сталі товщиною 0,1 мм (рис.2, графік 2) і пластин з аморфного феромагнітного матеріалу 2605 SC (рис.2, графік 3).

Висновки

Таким чином, застосування виконаного з пластин аморфного феромагнітного матеріалу замкнутого магнітного сердечника індивідуальної котушки запалювання дозволяє збільшити напругу і потужність іскроутворення без збільшення габаритних розмірів котушки запалювання унаслідок збільшення енергії, яка запасается в магнітному полі котушки запалювання і підвищенні швидкості зміни струму. З урахуванням наявної світової економічної кризи та загального стану національного автомобілебудування – за 2012 р. національне автовиробництво скоротилось на 83% - національний концепт – кар, прототип або серійний автомобіль з ефективною інноваційною системою запалення перезбіднених паливоповітряних сумішей та відповідними екологічними і економічними характеристиками цілком міг би зайняти гідне місце серед моделей іменитих американських, європейських або японських корпорацій, забезпечивши тим самим вихід на світові ринки конкурентоздатної високотехнологічної продукції, очевидно неможливий без національних інтелектуальних інвестицій і значних спільних зусиль.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА В ИОННЫХ СТАБИЛИТРОНАХ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: И. Шестопалова, П. Трофимов

Рук.: ст. пр. А.Н. Андреев, инж. П.Л. Вейцман,

асс. О.Н. Андреева

Актуальность исследования физических процессов, протекающих в низкотемпературной плазме газовых разрядов, обусловлена их широким использованием в современных электрофизических приборах и установках, а так же в изделиях электронной техники и светотехники. Все более широкое распространение получают экологически чистые и энергетически эффективные вакуумные ионно-электронно-плазменные технологии обработки материалов и изделий. С помощью новых технологий удаётся разрабатывать принципиально новые материалы, которые не могут быть получены традиционными методами обработки. Одним из приборов, в которых используется тлеющий разряд, является ионный стабилизатор. В настоящее время газоразрядные стабилизаторы утратили своё основное назначение, как источники опорного напряжения для схем стабилизации и сравнения. Однако, из-за небольшого напряжения зажигания и напряжение горения (десятки – сотни вольт), а также наглядности происходящих внутри процессов они оказались удобными для изучения некоторых характеристик тлеющего разряда. В данной работе были определены вольт-амперные характеристики следующих стабилизаторов: СГ2С, СГ3С и СГ4С.

Теория

Тлеющий разряд представляет собой один из видов самостоятельного разряда в газах. Его можно получить в разрядной трубке (рис. 1, а) при давлении газа $10 - 10^{-1}$ мм. рт. ст. и напряжении между анодом А и катодом К порядка 100 и более вольт.

Основными частями тлеющего разряда являются: 1 – катодное тёмное пространство, 2 – тлеющее свечение, 3 – фарадеево тёмное пространство, 4 – протяжённая светящаяся часть, называемая положительным столбом. На рис. 1 б показано распределение потенциалов вдоль оси трубки.

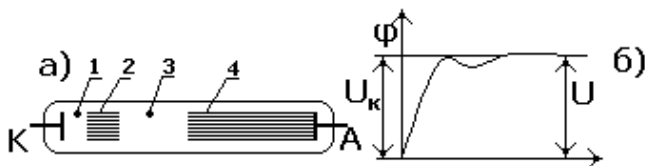


Рис. 1. Тлеющий разряд: а) картина свечения тлеющего разряда; б) распределение потенциала.

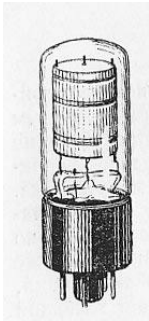
Как видно из рис. 1 б, в газоразрядном приборе распределение потенциала таково, что почти все анодное напряжение приложено к тонкому слою газа около катода. Эта область, называется областью катодного падения потенциала. Проникшие из плазмы в эту область ионы получают здесь ускорение. Ударяясь о катод с большой скоростью, ионы выбивают из него электроны. Этот процесс необходим для поддержания разряда. Вылетевшие из катода электроны в области катодного падения потенциала ускоряются и могут ионизировать атомы газа. Электроны сталкиваются с атомами газа в различных частях плазмы. Поэтому ионизация происходит во всем её объеме. При возникновении тлеющего разряда наблюдается свечение газа около катода. С увеличением тока свечение усиливается, расширяется и распространяется на всю плазму. Напряжение возникновения разряда зависит от вида газа, его давления, материала электродов и расстояния между ними.

При сближении электродов, величина катодного падения потенциала не меняется, при этом положительный столб может совсем исчезнуть, а тлеющий разряд будет продолжаться. Это происходит в стабилитронах тлеющего разряда.

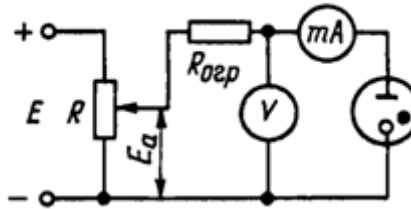
Стабилитрон состоит: из стеклянного баллона, заполненного смесью газов (неона, аргона, криптона) при давлении ~ 10 мм. рт. ст.; катод выполнен в форме полого никелевого цилиндра, а анод представляет собой металлический стержень, расположенный вдоль оси катода (рис. 2 а).

Для измерения вольт-амперной характеристики (ВАХ) газового разряда используется схема, приведённая на рис. 2 б. Элементы E и R обозначают регулируемый источник напряжения. Для ограничения тока, протекающего через стабилитрон, последовательно с ним включается резистор $R_{огр}$ (который часто называю балластным). Два изме-

рительных прибора позволяют определять напряжение на стабилитроне и ток через него.



а)



б)

Рис. 2. а) Газовый стабилитрон, б) схема измерения ВАХ.

Типичная вольт-амперная характеристика прибора с тлеющим разрядом показана на рис. 3. При увеличении напряжения от нуля, участок AB , возникает очень слабый ток ($10^{-9} - 10^{-8}$ А) это область не самостоятельного тёмного разряда, а область BB – самостоятельный тёмный разряд. При дальнейшем увеличении напряжения возникает тлеющий разряд в приборе (точка B – точка зажигания). Ей соответствует напряжение $U_{зж}$. Тлеющий разряд возникает скачком. Минимальный ток, при котором возможен тлеющий разряд, гораздо больше тока тёмного разряда. Напряжение на приборе также скачком понижается на несколько десятков вольт, что объясняется перераспределением напряжения E_a между внутренним сопротивлением прибора по постоянному току R_0 (которое резко изменяется при зажигании разряда) и сопротивлением $R_{огр}$.

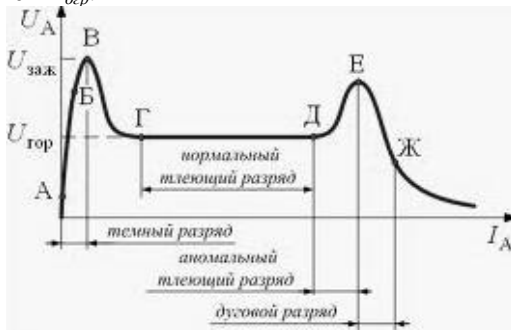


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика тлеющего разряда.

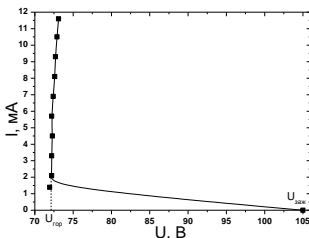
Возникновение тлеющего разряда можно обнаружить по характерным скачкам тока вверх и напряжения вниз. Возникает также свечение газа около катода. На графике возникновению разряда соответствует участок $BГ$ – неустойчивого перехода разряда (от тёмного к тлеющему). С увеличением напряжения E_a ток стабилизатора растёт (единицы, десятки миллиампер), а напряжение на нем практически не изменяется (напряжение стабилизации равно напряжению горения разряда: $U_{ст} = U_{гор}$), пока ток не превысит значения I_{max} (точка $Д$). Горизонтальный участок $ГД$ соответствует нормальному тлеющему разряду. Для него характерно прохождение тока через часть поверхности катода и свечение газа в этой области. С возрастанием тока площадь рабочей поверхности катода увеличивается пропорционально току, а плотность тока катода остается постоянной. При токе I_{max} вся поверхность катода становится рабочей и начинает светиться.

При дальнейшем повышении напряжения ток возрастает, но площадь катода остается неизменной. В этом случае увеличение числа электронов, выбиваемых из катода, происходит за счёт роста энергии ионов, бомбардирующих катод. Тогда плотность тока катода возрастает и падение напряжения на приборе, увеличивается. Наступает режим аномального тлеющего разряда (участок $ДЕ$). Если продолжать увеличивать напряжение E_a , то ток и напряжение будут расти и в конце концов энергии ионов будет достаточно для возникновения других видов эмиссии с катода, что приведёт к резкому переходу в дуговой разряд (участок $ЕЖ$), который недопустим для приборов тлеющего разряда.

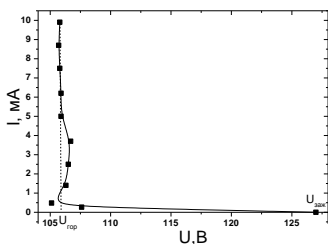
Экспериментальные результаты и выводы

В работе были экспериментально получены ВАХ ионных стабилизаторов (рис. 4). По которым определяли напряжение горения $U_{ст}$ и зажигания тлеющего разряда $U_{заг}$. Полученные данные согласуются с табличными значениями для указанных типов стабилизаторов (табл. 1).

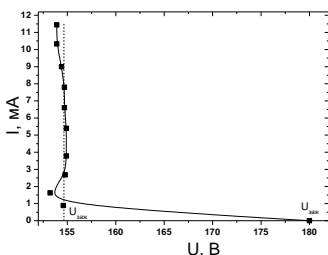
Марка стабилизатора	Экспериментальные данные		Табличные значения	
	$U_{гор}, В$	$U_{заж}, В$	$U_{гор}, В$	$U_{заж}, В$
СГ2С	71,2	105	74,5	105
СГ3С	106	127	105 – 112	127
СГ4С	154	180	145 – 160	180



СГ2С



СГ3С



СГ4С

Рис. 4. ВАХ стабилитронов

балластного сопротивления или применения источника тока (стабилизатор тока).

1. Д. С. Гурлеев. Справочник по электронным приборам. Издание 5-е. Киев – 1974;

2. И. П. Жеребцов. Основы электроники. Энергоатомиздат. Ленинград – 1989;

3. Ю. Готра, И.С. Лопатинский, Б.А. Лукіянець та ін. Фізичні основи електронної техніки. Л.: Бескид Біт, 2004;

4. С.М. Левицький Фізична електроніка К.: Київський університет, 2005.

При измерении ВАХ, указанных стабилитронов, наблюдалось: а) изменение площади катодного пятна, что характерно для режима нормального тлеющего разряда; б) переход в область аномального тлеющего разряда, при котором вся площадь катода задействована, что видно по характерному её свечению; в) дальнейшее увеличение тока приводит к усилению свечения разряда. В результате выполнения работы можно сделать следующие выводы:

1. ВАХ тлеющего разряда нелинейная и может быть разделена на участки: отсутствия тока, зажигания и горения;

2. напряжение горения ниже напряжения зажигания;

3. на ВАХ существует участок отрицательного дифференциального сопротивления;

4. для устойчивой работы прибора тлеющего разряда на участке горения необходимо использование

СУПЕРПАРАМАГНИТНОЕ СОСТОЯНИЕ В СИСТЕМЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ ГЕКСАФЕРРИТА: УСЛОВИЯ ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ И БЛОКИРОВКИ

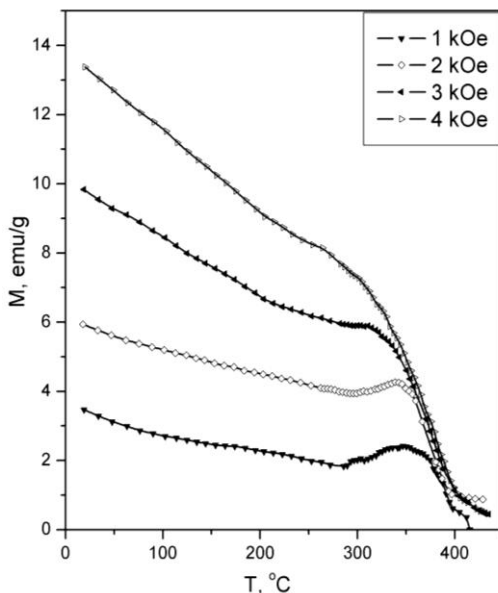
Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

Ст. А.Ю. Божко

Рук.: проф. Л. П. Ольховик, асп. К. А. Мозуль

К наиболее характерным и впечатляющим свойствам ферри-магнитных частиц следует отнести прежде всего суперпарамагнетизм (СПМ), который проявляется при достижении частицами критического объема V_s . Данный параметр, кроме зависимости от температуры и константы эффективной магнитной анизотропии ($V_{so}=25\text{ kT/KV}$) [1], связан с величиной внешнего магнитного поля следующим соотношением: $V_{SH}=V_{so}(1-\frac{H}{H_a})$ [1].



В данной работе и предполагалось исследовать роль внешнего магнитного поля в формировании СПМ состояния в системе наночастиц ($d \leq 100$ нм) высокоанизотропного гексаферрита $\text{Ba-Co}_{0,8}\text{Ti}_{0,8}\text{Fe}_{10,4}\text{O}_{19}$. Данный состав - один из аналогов высокоплотной магнитной записи среди оксидных магнитов [2]. Для диагностики магнитного состояния использовался метод, предложенный в работе [3]. В связи с этим были получены температурные зависимости намагниченности $\sigma(T)$ при фиксированных значениях внешнего магнитного поля. Температурно-полевым интервалом охватывалось $T=(300-T_c)K$, $H=(1-5,5)k\text{Э}$.

На экспериментальных кривых $\sigma(T)$ отчетливо проявляется главный признак постепенного изменения состояния системы частиц от магнитостабильного (МС) до суперпарамагнитного (СПМ) – аномалия в виде размытого по температуре максимума (из-за распределения частиц по размерам, соответственно, H_a по V_{SH}). С ростом $H_{вн}$ максимум смещается в сторону более низких температур; амплитуда его постепенно снижается и для случая $H=4k\text{Э}$ наблюдается только слабо выражается аномалия в виде изгиба на кривой $\sigma(T)$. Она проявляется при $T=285^\circ\text{C}$ только на кривой $d\sigma/dT=f(T)$. Определение критических температур блокировки $T_{BH}^{(1)}$ (начало СПМ перехода частиц системы) и $T_{BH}^{(2)}$ (завершение данного процесса) позволило построить в $(H-T)$ формате диаграмму магнитного состояния, а также выяснить неоднозначную роль внешнего магнитного поля: при $H_{вн} < H_a^{ef}$ поле активизирует термический СПМ переход, при $H > H_a^{min}$ поле постепенно блокирует магнитные моменты всех частиц системы как магнитостабильных, так и суперпарамагнитных.

Литература:

1. Pfeiffer H. Relaxation behavior of magnetic particle assemblies due to thermal fluctuations// *Phys. Stat. Sol.(a)*.- 1990.- V.120.- P.233-245;
2. Toshiaki M. Progress of magnetic recording media// *The BKSTS Journal*.- 1985.- V.67,№9.- P.526-529;
3. Pfeiffer H., Schüppel W. Temperature dependence of the magnetization in fine particle systems and the Hopkinson effect. Application to barium ferrite powders // *J. Magn. Magn. Mater.* – 1994. – Vol. 30. – p. 92 – 98.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОКО-ДИСПЕРСНОГО ФЕРРИТОВОГО МАТЕРИАЛА-НОСИТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

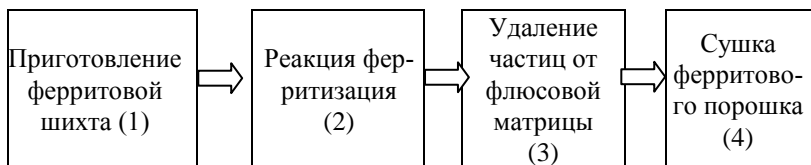
Ст.: И.В. Головенько, Е.Ю. Захарченко,

Рук.: проф. Л.П. Ольховик, асп. К.А. Мозуль

На рубеже столетий с целью повышения плотности магнитной записи (МЗ) был осуществлен переход от продольной МЗ к вертикальной (ВМЗ). Соответственно был изменен состав носителя: вместо низ-коанизотропных оксидных ферромагнетиков (γ – Fe_2O_3 , CrO_2 , Fe_3O_4) был предложен гексагональный феррит бария в виде магнитостабильных пластинчатых шестигранных частиц с осью лёгкого намагничивания перпендикулярной базисной плоскости.

К основным функциональным требованиям к носителям ВМЗ относятся: размер частиц, не превышающий 0,5 мкм, относительно высокие значения намагнитченности насыщения и значение коэрцитивной силы $H_c < 1000$ Э.

В данной работе исследовался порошковый образец гексаферрита $\text{BaFe}_{10,5}^{3+}\text{Co}_{0,75}^{2+}\text{Ti}_{0,75}^{4+}\text{O}_{19}$, который был получен модифицированным методом осаждения из расплава [1]. Последовательность технологических операций, которые принадлежат данному методу можно представить следующим образом.



(1) – в качестве исходных в стехиометрическом соотношении ферритообразующих компонентов использовались: γ – Fe_2O_3 , BaCO_3 , TiO_2 , CoO , а в качестве флюса (30%, весовых) воднорастворимая соль $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

(2) – $T = 950^\circ \text{C}$, $t = 2$ часа;

(3) – для удаления флюсовой матрицы использовалась дистиллированная вода подогретая до 80^0 С с последующей многократной отмывкой;

(4) – сушка готового продукта осуществлялась при 100^0 С в сушильном шкафу.

На рис.1 приведен электронно-микроскопический снимок синтезированного порошкового образца, частицы имеют характерную пластинчатую форму в виде шестигранника. Средний диаметр частиц составляет 0,3-0,4 мкм и дисперсией в диапазоне 0,1-0,7 мкм, что соответствует функциональным требованиям предъявляемым для среды ВМЗ.

Измерены магнитные характеристики: при 300К: намагниченность насыщения ($\sigma_s=63$ Гс*г*см⁻³), коэрцитивная сила ($H_c=1,2$ кЭ), поле эффективной магнитной анизотропии (H_a^{eff}). Распределение частиц по (H_a^{eff}) представлено на рис.2.

Полученные согласованные данные о магнитных параметрах и дисперсности частиц порошкового материала состава $BaFe_{10,5}^{3+}Co_{0,75}^{2+}Ti_{0,75}^{4+}O_{19}$ соответствуют требованиям конкретного технического назначения, что подтверждает результативность использованной технологии.

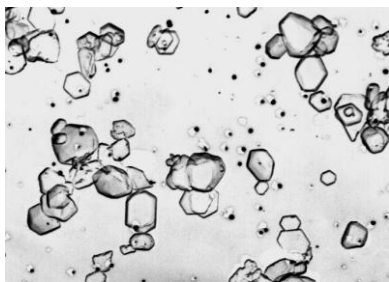


рис.1

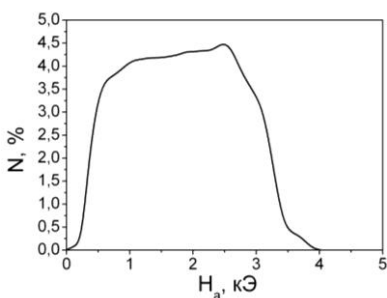


рис.2

Литература:

1. Патент 202276 Украина, МКИ В22, F9/16, H01, F1/11/ И.И. Борисов, Н.М. Ольховик, М.И. Руденко, С.С. Церевитинов, №4932383; зарег. 15.11.94. Бюл. №11.

СТРУКТУРНЫЙ РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ В СИСТЕМЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЛЬТРАМАЛЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ ЦИНКЗАМЕЩЕННОГО МАГНЕТИТА

Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

Ст. А.В. Ищенко

Рук.: проф. Л.П. Ольховик, н.с. Н.М. Борисова

Современное развитие фундаментальной науки невозможно представить без объектов в виде наночастиц во всём их многообразии.

Особый интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения представляют магнитные частицы, в частности, высокодисперсные ферритовые материалы. Возможности нанотехнологий и результативность их применения для получения оксидных ферритов в виде ультрамалых частиц позволяют управлять магнитным состоянием и функциональными магнитными параметрами (намагниченностью, полем анизотропии, коэрцитивной силой) путём варьирования размерным, концентрационным и температурно-полевым факторами.

Целью данной работы было исследование влияния размерного фактора на параметр кристаллической решетки наночастиц цинкзамещенного магнетита.

Для получения нанодисперсных порошковых образцов феррита состава $Zn_xFe_{3-x}O_4$ с концентрацией цинка $x=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ использовался метод химической конденсации из водных растворов солей ферритообразующих компонентов в растворе щелочи [1]. Относительно низкая температура ферритизации (80 °С) обеспечила нанометровый размер частиц.

Сведения, касающиеся фазового состава порошка, размера частиц, параметра кристаллической решетки были получены путем рентгеновских исследований, проводимых на автоматизированном рентгеновском дифрактометре ДРОН-4 с источником монохроматизированного Co -излучения. Обработка рентгеновских спектров проводилась модифицированным методом Ритвельда с использованием соответствующих программ [2]. Характер дифрактограмм для всех исследованных составов подтвердил однофазность полученных порошков и

соответствие кубической структуре $Fd\bar{3}m(227)$ феррита типа шпинели. Из дифрактограмм, с использованием формулы Селякова: $D = K\lambda/\beta\cos\theta$ [3], были определены значения средних размеров частиц $\langle d \rangle = (5,8-8,0)$ нм, которые совпадают с результатами электронно-микроскопических исследований. На рис.1 представлено распределение частиц по диаметру для образца состава $x = 0.4$.

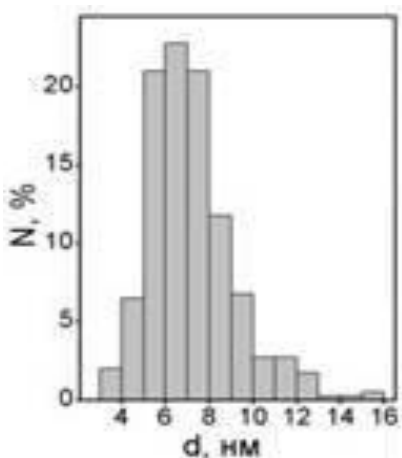


Рис.1. Распределение по размерам частиц порошка состава $Zn_{0.4}Fe_{2.6}O_4$.

Распределение по размерам близко к симметричному, дисперсия частиц по размерам составляет $d = (3,0 \div 13)$ нм при среднем значении $\langle d \rangle \approx 6,5$ нм. При этом около 80 % частиц имеют диаметр $(5,5 \div 8,5)$ нм, что позволяет характеризовать полученный ферритовый порошок как систему частиц с достаточно узким распределением по размерам. Для других концентраций цинка средний размер частиц близок к указанному.

Значения параметра кристаллической решетки были рассчитаны по методике, описанной в [2], с погрешностью $(3-4) \cdot 10^{-4}$ Å. Зависимость параметра

a от концентрации ионов Zn в феррите приведена на рис. 2.

На рисунке пунктиром изображена линейная зависимость $a(x)$ для макроаналогов системы твердых растворов Fe_3O_4 ($a = 8.394$ Å) - $ZnFe_2O_4$ ($a = 8.42$ Å). [4]. При этом в порошковых образцах состава $x < 0.4$ с ростом x также наблюдается увеличение постоянной решетки. Изменение характера зависимости $a(x)$, а именно, уменьшение параметра a , наблюдаемое для состава $x = 0.5$, указывает на частичное перераспределение ионов Zn^{2+} из предпочтительных для макроаналога тетраэдрических в октаэдрические позиции кристаллической структуры феррита [4]. Как видно из рис.2, для всех исследуемых порошков значения постоянной решетки заметно ниже, чем для макроскопических аналогов. Так, для магнетита отличие составляет 0,45%, для замещенных составов-(0.20–0.25)%. Об уменьшении, в сравнении с макроаналогом, параметра кристаллической решетки для системы частиц магне-

тата с размером (5,1- 7.4) нм сообщалось ранее в работе [5], однако данные о величине эффекта авторами не приводятся.

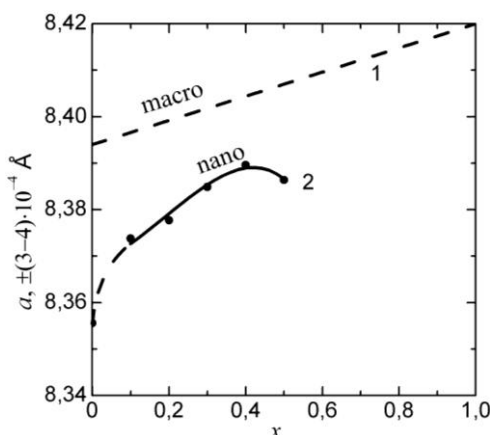


Рис.2. Зависимость параметра кристаллической решетки нанодispersных порошков $Zn_xFe_{3-x}O_4$ от концентрации ионов Zn в феррите.

1. макроскопический аналог [4]
2. нанодисперсный порошковый образец

Таким образом, впервые на системе ультрамалых нанокристаллов ферритов типа шпинели $Zn_xFe_{3-x}O_4$ (5,6- 9.2) нм обнаружен структурный размерный эффект, который заключается в уменьшении параметра решетки на (0.45-0.25) % при неизменности сингонии кристаллической структуры феррита.

Литература:

- 1.З.І. Сизова, А.П. Кришталь, Є.Я. Левітін, А.О. Коваль «Нанокристалічний компонент магнітних лікарських форм», Тез. доп. УІІ Міжнар. Конф «Фізичні явища в твердих тілах», Харків, 2007, 143;
- 2.Е. V. Shelekhov, Т. А. Sviridova, *Met.Sci Heat Treatment*, 2000., 42(7), p.309-313;
- 3.Н.Н. Качанов, Л.И. Миркин. Рентгеноструктурный анализ. Практическое руководство, «Машгиз», 1960, 215 с.;
- 4.С. Крупичка. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов, т.1, изд-во «Мир», М: 1976, т.1, 353 с.;
- 5.С.Н. Данильченко и др. *Ж. нано-електрон. Фізика.*, 2011, т.3, № 3, с.139.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ НА ПАРАМЕТРЫ БИОСОВМЕСТИМОЙ ПОДМАГНИЧИВАЮЩЕЙ СРЕДЫ

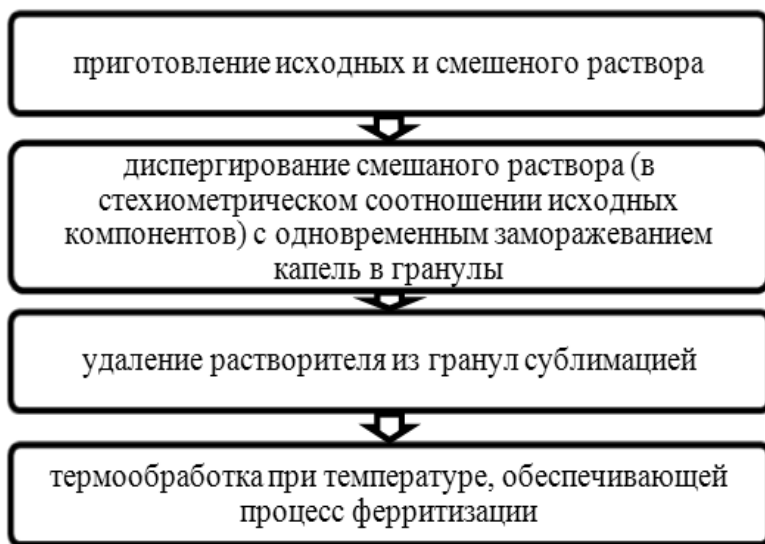
Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

Ст. Д.А. Ефремов

Рук.: проф. Л.П. Ольховик, асп. К.А. Мозуль

Экспериментальные высокодисперсные порошки были получены с использованием элементов криохимической технологии [1], последовательность технологических операций которой можно представить следующим образом.



Впервые для технологии проблемного состава $\text{Ca}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ за счет достижения высокой химической однородности ферритовой шихты, не содержащей флюсовой компоненты (криохимическая технология), и оптимизации критически высокой, для получения однодо-

менных частиц температуры, достигнут самый высокий уровень коэрцитивной силы для реальной системы ферритовых частиц.

В таблице даны химический состав, дисперсность и функциональные параметры порошковых образцов ферритов $\text{Me}^{2+}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ при 300K.

Таблица 1.

№	Me^{2+}	Дисперсность	$I_s, \text{Гс}$	$iH_c, \text{кЭ}$	$BH_c, \text{кЭ}$	$(BH)_{\max}, 10^5 \text{Гс}^* \text{Э}$
1	$\text{Ca}_{0,5}\text{Ba}_{0,5}$	нано-	217	$5,2$ 5	2,15	4,6
2	$\text{Ca}_{0,5}\text{Ba}_{0,5}$	нано+микро	281	4,4	2,89	8,45

Для функциональных нанодисперсных ферритовых материалов, предназначенных для создания подмагничивающей среды, наряду с выше указанными в табл. немаловажным является влияние термических флуктуаций на анизотропные параметры, такие как H_a^{ef} и H_c .

В данной работе для интервала температур 300-600K было учтено влияние термических флуктуаций в соответствии с теорией Пфайфера [2].

$$(Z - 1)Z^{0,3} = \left(\frac{50kT}{I_s H_a V} \right)^{0,7}$$

На рисунке приведены экспериментальные значения (1) H_c и рассчитанные с учетом термических флуктуаций (2). Видно что, экспериментальные и истинные значения данного параметра для нанодисперсной системы отличаются на: 34% - для 300K.

Таким образом, сочетание высоких значений функциональных параметров (намагниченности насыщения (I_s), коэрцитивной силы, максимальной магнитной энергии $(BH)_{\max}$) и улучшенной биосовместимости кальций содержащего феррита позволяют рекомендовать разработанный материал в медикофармацевтическую практику для создания подмагничивающей среды в виде композиционных ферроэластов, в состав которых входит до 90%(мас.) магнитной компоненты.

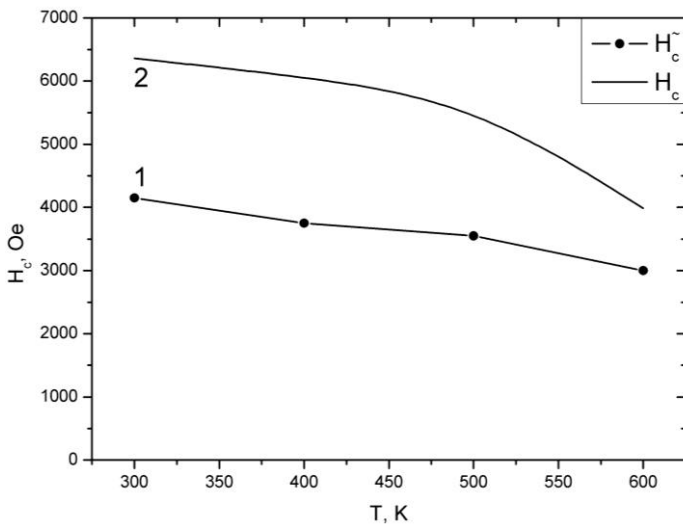


Рис. 1

Литература:

[1] Третьяков Ю.Д., Олейников Н.Н., Можаяев А.П. Основы криохимической технологии: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 142с.;

[2] Pfeiffer H. Anisotropy Field Distributions in Particle Assemblies. *Phys. stat. sol. (a)* **118**, 295 (1990).

КАВИТАЦИОННЫЙ ТЕПЛОГЕНЕРАТОР ГИДРОТАРАН

*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. С.С. Брагин
Рук. доц. Ю.И. Нефедов*

Обычный гидравлический таран это водоподъемное устройство, в котором для подачи воды используется энергия гидравлического удара. Гидравлический удар возникает при резком торможении потока жидкости в следствии чего, в трубе повышается давление и скорость потока жидкости. Энергию гидроудара можно использовать не только для подъема жидкости но и для ее кавитационного нагревания. Схема устройства, выполняющего обе функции представлена на рис. 1

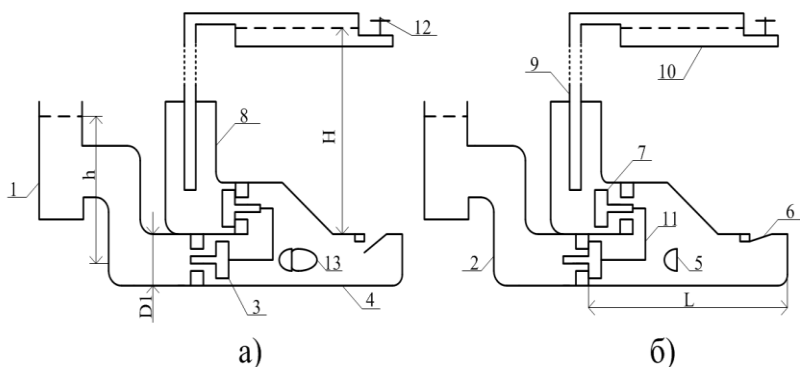


Рис. 1 - Блок схема устройства.

Вода из питающего резервуара 1, пополняемого из ручья или водоема, по трубопроводу 2 через открытый клапан-прерыватель 3 (рис.1а) поступает в трубу 4 и, частично выливаясь из открытого ударного клапана 6, доходит до конца трубы 4, создавая здесь повышенное давление воды. Отраженная ударная волна, двигаясь в обратном направлении под высоким давлением закрывает клапан 6, прекращая выход воды. Возвращаясь к клапану 3, поток воды закрывает его и одновременно открывает нагнетательные клапан 7 (рис.1б). Через него

под большим давлением вода входит в воздушный колпак 8, создавая в верхней его части высокое воздушное давление, под действием которого вода закрывает клапан 7 и по трубопроводу 9 поднимается на высоту Н в принимающий резервуар 10.

За время от момента открытия клапана 7 до его закрытия (примерно 0,5 с), клапан прерыватель 3 был закрыт, т.к. клапаны 3 и 7 связаны жесткой связью 11.

Закрытие клапана 3 приводит к торможению входного потока (гидроудару) и повышает давление в месте торможения. Известно, что резкое изменение скорости потока в гладких трубах на 1 метр в секунду приводит к увеличению давления в месте торможения примерно на 10 атмосфер (10^6 Па). Воспользовавшись уравнением Бернулли, нетрудно определить скорость потока ($v_3=31$ м/с), проходящего через открывающийся клапан 3. Эта скорость будет превышать критическое значение, при котором начнется развитая кавитация (число кавитации $K=0,3$). Скоростной поток далее обтекает полусферический кавитатор 5, за которым образуется большая паровая каверна 13.

Все время от момента закрытия клапана 3 и до повторного прихода скоростного потока к концу трубы 4 ударный клапан 6 открыт, создавая интенсивное течение воды в трубе. Торможение потока в конце трубы 4 создает здесь повторный гидроудар и ударную волну. Высокое давление ударной волны, распространяясь в область пониженного давления - в левой части трубы 4, "схлопывает" (разрушает) каверну, открывает клапан 7 и закрывает клапан 3. В результате разрушения каверны выделяется большое количество тепла. Образовавшаяся горячая вода поступает через открытый клапан 7 в колпак, повышает в нем давление, которое закрывает клапан 7, открывает клапан 3 и поднимает воду по трубопроводу 9. Нагретая вода поступает в резервуар 10. Далее весь процесс повторяется.

Расчеты, выполнены для трубы 4 длиной $L=1$ м и диаметром $D=0,12$ м, питающем напоре $h=1$ м, высоте нагнетания $H=5$ м и времени одного цикла работы тарана $T=1,5$ с. Тепловая мощность такого устройства составит 12 кВт, полезная подача - 4,4 кг горячей воды в минуту.

Рассмотренный гидротаран-генератор может работать только от энергии воды любого водоема при питающем напоре $h \geq 1$ м, не загрязняет окружающую среду, прост в изготовлении и эксплуатации и по производительности может удовлетворить потребности в горячем водоснабжении и теплоснабжении небольшое фермерское хозяйство.

КОМПЕНСАЦИЯ ПОМЕХ ВЫЗВАННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ НАГРЕВА ПРИ АКТИВНОМ КОНТРОЛЕ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

Ст. А.В. Горбань

Рук. ас. А.В. Мягкий

Сотовые конструкции являются одним из наиболее распространенных конструкционных материалов в авиации, космической технике и других отраслях, где к надежности комплектующих предъявляются повышенные требования. Особое внимание уделяется недопущению таких дефектов как места непрочной (отслоения) между обшивкой и сотовым наполнителем.

Известно, что для выявления дефектов такого рода перспективно применение активного метода теплового контроля [1,2], который сочетает в себе высокую чувствительность к обнаружению подобных дефектов с высокой чувствительностью контроля (при использовании тепловизора в качестве регистрирующего устройства).

Однако реализовать потенциальные возможности этого метода на практике не удается в следствии значительных помех, обусловленных неоднородностью излучательной способности поверхности сотовой структуры и разнотолщинностью клеевого слоя. Кроме того, для использования тепловизора необходим одновременный нагрев определенной площади ОК (площадный нагреватель), что неминуемо ведет к неравномерности температурного поля (в частности, «краевой эффект») и возникновению помех.

Для достоверного выявления сигнала от дефекта необходимо уменьшить (устранить) помеху от шумового сигнала. В свою очередь шумовой сигнал вызван неоднородность нагрева образца.

Помеха связанная с неоднородность нагрева компенсируется лабораторным исследованием неоднородности теплового поля источника нагрева, с последующей ее компенсацией.

Исследование использованного в эксперименте лабораторного источника нагрева показали что он обладает неоднородностью нагрева приведенной на рис. 1.

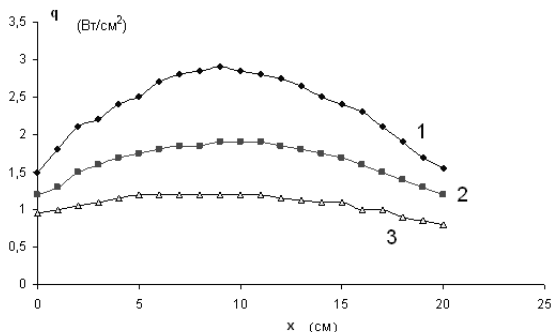


Рис.1. Распределения плотности энергии измеренная на трех различных расстояниях от экрана. 1 – 20 (см), 2 – 30 (см), 3 – 40 (см).

Компенсирова неоднородность нагрева используем нормировку обратной функцией от функции нагревателя, что позволяет спрямить температурное поле термограммы. На спрямленной термограмме используется относительная шкала температур, нормированная по максимуму функции теплового поля нагревателя (1). Для этой процедуры используется матричный метод, где элементом матрицы служит значение температуры в одном пикселе термограммы, а ее размерность количество пикселей по вертикали и горизонтали.

$$F' = \frac{q_{max}}{Q} F \quad (1)$$

где F – матрица значений температур термограммы; F' – матрица спрямленных значений; Q – матрица значений мощности нагрева; q_{max} – максимальный элемент Q .

Необходимым условием использования этого метода является точное отождествление систем координат нагревателя и термограммы. Что позволяет уменьшить неоднородность нагрева до уровня ниже 5%.

Список литературы.

1. Стороженко В.А., Вавилов В.П., Волчек А.Д. Неразрушающий контроль качества промышленной продукции активным тепловым методом. - К.: Техника, 1988. - 126 с.

2. Стороженко В.А., Малик С.Б., Мягкий А.В. Оптимизация режимов тепловой дефектоскопии на основе теплофизического моделирования // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Прилади і методи неруйнівного контролю. – Харків: НТУ «ХПІ» – №48. – 2008. – С. 84-91.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В НАПОРНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ

*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. Т.Н. Дрибноход
Рук. ас. А.В. Мягкий*

Как показывают результаты комплексных исследований и эксплуатационные данные [1], коэффициент гидравлической эффективности большей части магистральных газопроводов страны находится в пределах 70 – 90%, что свидетельствует о накоплении во внутренней полости труб отложений, состоящей из поверхностной и конденсированной воды, углеводородного конденсата, эмульсии, минеральных масел, органических кислот, солей железа, метанола и гликолей.

Для повышения гидравлической эффективности и надежности работы газопроводов на предприятиях проводятся продувка и очищение внутренней полости газопроводов, что сопряжено со значительными материальными затратами. Одним из путей сокращения этих затрат могло бы служить получение предварительной информации об уровне загрязнения газопровода, в частности, о содержании их жидкой формы.

Для решения этой задачи была выдвинута гипотеза об использовании бесконтактного термографического метода. Она основывается на том что перекачиваемый газ, пройдя насосную станцию, обладает повышенной относительно окружающей среды температурой, тогда как конденсат, очевидно, имеет температуру, близкую к окружающей среде. Кроме того, газ и конденсат имеют различные теплофизические характеристики (ТФХ), что в итоге должно вызвать неравномерность температурного поля на поверхности газопровода, при условии наличия конденсата.

Для проверки данной гипотезы были проведены теоретические и экспериментальные исследования , результаты которых приведены ниже.

Экспериментальные исследования состояли в термографическом обследовании участка газопровода Червонодонской ДКС (нижняя отметка залегания трубопровода), при следующих условиях:

температура окружающей среды $T_0=14^{\circ}\text{C}$, температура газа $T_1=16^{\circ}\text{C}$



Рис1. Видимое изображение участка трубопровода и его обработанная термограмма ОК, пунктиром показана граница раздела газ конденсат.

На рис.1. представлены видимое изображение откопанного участка газопровода и его термограмма (после соответствующей обработки). На термограмме четко просматривается граница раздела температурного поля между верхней (газ) и нижней (конденсат) частью трубопровода; разность температур составила $0,6^{\circ}\text{C}$.

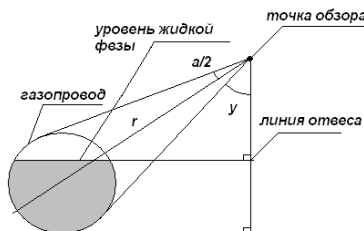


Рис. 2 Геометрическая схема проведения контроля.

Положение раздела температурного поля можно интерпретировать как уровень заполнения трубы конденсатом, соответствующий 60% объема трубы (Рис 2). Полученные экспериментальные данные подтверждают принципиальную возможность применения термографического метода для контроля уровня конденсата в газопроводе. При этом метод обладает такими важными достоинствами как бесконтактность и быстродействие.

Возникающий из-за наличия конденсата температурный перепад на поверхности трубы зависит от разности температур окружающей среды и транспортируемого газа, что обуславливает более высокую чувствительность метода при проведении контроля в зимний период.

1. Капцов И.И. Сокращение потерь газа на магистральных газопроводах. – М.; Недра, 1988. – 431с.

ЭКСИТОННЫЙ СПЕКТР ПОГЛОЩЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК $KPbI_3$

*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. С. В. Дацько
Рук. доц. Е.Н. Коваленко*

Среди галогенидов с общей формулой $APbX_3$ ($A = K, Cs, Rb$; $X = Cl, Br, I$) наименее исследованы йодиды, в частности $KPbI_3$. Нет даже единого мнения о молярном составе соединения, образующегося в системе $KI-PbI_2$. В настоящей работе исследуются спектры поглощения тонких пленок $KPbI_3$ в широком температурном интервале, включающем температуры возможных фазовых переходов.

Получены тонкие пленки $KPbI_3$ были путем испарения расплава смеси чистых порошков KI и PbI_2 заданного молярного состава на нагретые до $100^\circ C$ кварцевые подложки с последующим отжигом образцов при $130^\circ C$ в течение двух часов.

Спектры поглощения измерялись в спектральном интервале 2-6 эВ при $T=90$ и $290 K$. В более узком спектральном интервале 2,4-3,7 эВ, в области длинноволновой экситонной полосы, спектр поглощения измерялся в широком интервале температур 90-470 K, включающем температуры возможных фазовых переходов.

В спектре поглощения тонкой пленки $KPbI_3$ при $T=90 K$ на краю собственной полосы поглощения наблюдается узкая экситонная A_1 полоса при 3,027 эВ (рис. 1). С ростом температуры полоса A_1 в $KPbI_3$ сдвигается в длинноволновую область спектра, уширяется и ослабляется за счет экситон-фононного взаимодействия.

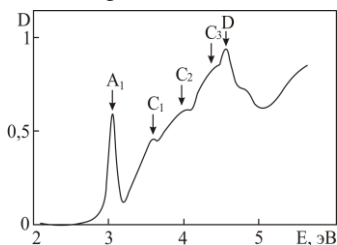


Рис. 1

Однако в температурном ходе спектрального положения $E_m(T)$ полосы A_1 есть особенности (рис.2а). Скачкообразное изменение спек-

трального положения A_1 полосы в интервалах температур 205 – 247 К и 276 – 321 К указывает на фазовые переходы первого рода. Вдали от температур фазовых переходов, в области 90-205 К и 321 – 468 К температурный ход спектрального положения $E_m(T)$ A_1 полосы обусловлен экситон-фононным взаимодействием с одинаковыми температурными коэффициентами. По порядку величины полученные dE_m/dT характерны для большинства ионных кристаллов, к которым относится и исследуемое соединение.

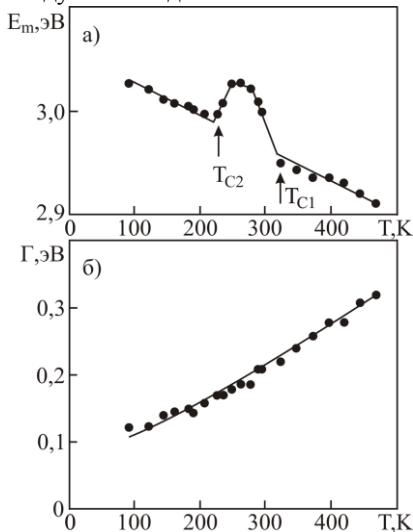


Рис. 2

Проведенный теоретический расчет полуширины экситонных полос для экситонов различной размерности ($d=1,2,3$) дал наилучшее согласие расчета с экспериментом при $d=2$. Это указывает на двухмерный характер экситонов в $KPbI_3$, а из температурной зависимости спектрального положения $E_m(T)$ следует наличие двух фазовых переходов 1-го рода вблизи температур 205 К и 321 К.

Многие из кристаллов с структурой подобной $KPbI_3$ обладают сегнетоэлектрическими свойствами. Переход в сегнетоэлектрическую фазу сопровождается ростом полуширины экситонной полосы из-за появления дополнительного механизма уширения за счет рассеяния экситонов на границах доменов. Так как уширение экситонной A_1 полосы во всем интервале температур обусловлено экситон-фононным взаимодействием и фазовые переходы никак не сказываются на зависимости $\Gamma(T)$, то в нашем случае можно сделать выводы об отсутствии перехода в сегнетоэлектрическую фазу.

В ионных кристаллах преобладает взаимодействие экситонов с продольными оптическими (LO) фононами и наибольшие температурные изменения параметров экситонных полос происходят при $\hbar\omega_{LO} \leq kT$.

Несмотря на четко выраженные скачки в температурном ходе спектрального положения $E_m(T)$ A_1 полосы (рис. 2а) температурная зависимость полуширины $\Gamma(T)$ гладкая, без каких либо особенностей (рис. 2б).

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

ВОЗБУЖДЕНИЯ В ОДНО - И ДВУХАТОМНЫХ ОДНОМЕРНЫХ ЦЕПОЧКАХ СО ЗНАКОПЕРЕМЕН- НЫМИ СИЛОВЫМИ КОНСТАНТАМИ

ФТИНТ НАН Украины им. Б.И. Веркина

Национальный технический университет «ХПИ»

Докл.: асп. М. Клочко, асп. К. Минакова

Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин

Решение задачи на нахождение спектров колебаний в одно- и двухатомных одномерных цепочках в приближении ближних соседей приводится в учебниках по физике твердого тела (см. [1]). Но существуют кристаллы, в которых при получении дисперсионных уравнений следует учитывать неближних соседей по решетке. Модельные задачи, связанные с атомной цепочкой используются для разработки методов исследования 3-мерных кристаллов. В связи с созданием нового класса материалов – метаматериалов, представляет интерес к одноатомным и двухатомным цепочкам со знакопеременным межатомным взаимодействием.

В работе рассмотрено влияние вторых соседей на спектры возбуждений в одномерных одноатомных и двухатомных цепочках. Обрыв дальнего действия в модели приводит к появлению неустойчивости возбуждений при определенных соотношениях между силовыми константами. Это важно, особенно для взаимодействий со знакопеременными силовыми константами. Показано что в этом случае соотношение (для вторых соседей) при котором решения будут устойчивы, имеет вид: $\alpha_2/\alpha_1 \succ -1/4$.

Дисперсионное уравнение для одномерной одноатомной цепочки с учётом вторых соседей:

$$\frac{m\omega^2}{\alpha_1} = 4\sin^2 \frac{ka}{2} + 4\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \sin^2 ka \quad (1)$$

Уравнение (1) будет иметь устойчивое решение, если правая часть его будет больше нуля

$$4\sin^2 \frac{ka}{2} + 4\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \sin^2 ka > 0. \quad (2)$$

Отсюда следует, что это требование выполняется, если $\alpha_2/\alpha_1 > -1/4$. Это неравенство показывает, что не при любых значениях силовых констант α_1 и α_2 реализуются устойчивые решения. В случае осциллирующего (знакопеременного) взаимодействия возникают ограничения, накладываемые на силовые константы.

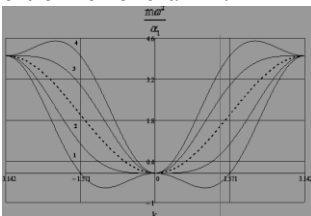


Рис. 1 Дисперсионные кривые для одномерной одноатомной цепочки для случая ближайших соседей и с учётом вторых соседей ($p=0, -1/2, -1/4, 1/4, 1/2$).

На рис.1 изображены дисперсионные кривые для одномерной одноатомной цепочки для случая ближайших соседей $p=0$ (штрихованная кривая) и с учётом вторых соседей $p=-1/2$ (кривая 1), $p=-1/4$ (кривая 2), $p=1/4$ (кривая 3), $p=1/2$ (кривая 4). На рис.1 продемонстрировано условие возникновения неустойчивости решения при отрицательных значениях $\alpha_2/\alpha_1 > -1/4$ (кривая 1). Эта ситуация может быть применена к моделированию метаматериалов.

Дисперсионное уравнение для двухатомной цепочки:

$$\omega^4 - A(k)\omega^2 + B(k) = 0, \text{ где } A(k) = \frac{2\alpha_1}{mM}(m+M) + 4\frac{m\alpha_2 + M\alpha_2'}{mM}\sin^2 ka,$$

$$B(k) = \frac{4\alpha_1^2}{mM}\sin^2 ka + 8\alpha_1\frac{\alpha_2 + \alpha_2'}{mM}\sin^2 ka + \frac{16\alpha_2\alpha_2'}{mM}\sin^4 ka. \quad (3)$$

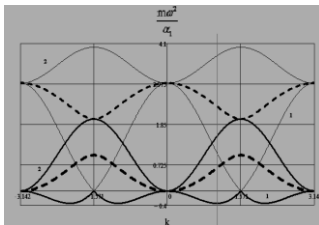


Рис.2. Дисперсионные кривые для одномерной двухатомной цепочки для случая ближайших соседей и в приближении вторых соседей ($p=-1/2, 0, 1/2$).

На рис.2 изображены дисперсионные кривые для одномерной двухатомной цепочки. Для случая ближайших соседей $p=0$ (штрихованные

кривые – оптическая ветвь (тонкая) и акустическая ветвь (толстая)), с учётом ближайших соседей: $p=1/2$ (кривые 1 – оптическая ветвь (тонкая) и акустическая ветвь (толстая)), $p=1/2$ (кривые 2 – оптическая ветвь (тонкая) и акустическая ветвь (толстая)). Продемонстрировано условие возникновения неустойчивости решения уравнения для акустических колебаний. Этот результат может быть применён к моделированию метаматериалов в акустике.

В отличие от одноатомной цепочки здесь возникают колебания двух типов – оптические и акустические. Оптические ветви соответствуют), а акустической – $\omega(k)$. Решения уравнения (3) будут устойчивы при выполнении условий, накладываемые на $A(k)$ и $B(k)$:

$$A(k) > 0, \quad 0 < B(k) < A^2(k).$$

Учитывая вид A и B , эти условия свяжут между собой не только силовые постоянные, но и массы различных атомов. В бесконечной цепочке, состоящей из атомов двух сортов, между акустической и оптической ветвями возбуждений возникает щель. Ширину этой щели можно оценить исходя из вида дисперсионных кривых.

Нижний предел для оптической ветви даёт

$$\omega_{+, \min}^2 = \frac{m+M}{mM}, \quad (4)$$

а верхний для акустической

$$\omega_{-, \max}^2 = \frac{1}{2} A(k) - \frac{1}{2} \sqrt{A_{\max}^2 - 4B_{\max}}, \quad (5)$$

$$A_{\max} = \frac{2}{mM} (\alpha_1(m+M) + 2(m\alpha_2 + M\alpha_2')), \quad B_{\max} = \frac{4}{mM} (\alpha_1^2 + 2\alpha_1(\alpha_2 + \alpha_2') + 4\alpha_2\alpha_2')$$

(получено в приближении 2-х соседей).

Развит метод, учитывающий при получении фононных спектров дальноедействие. Учет дальногодействия приводит к полному снятию ограничений на устойчивость решений со знакопеременными силовыми константами. В работе использован модельный силовой потенциал, учитывающий знакопеременность силовых констант.

Проведено исследование на сходимость предложенного ряда. Этот подход может быть применен к двухатомным одномерным цепочкам для получения устойчивых решений в акустических и оптических спектрах.

Литература:

А.М. Косевич. Теория кристаллической решётки, Вища школа, Х. (1988).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. И.А. Азаренко

Рук.: доц. В.В. Пилипенко, доц. Е.Т. Лемешевская

Показатель преломления является одним из важнейших характеристик вещества и часто используется для решения задач идентификации образца.

В работе [1] была предложена оригинальная методика определения показателя преломления жидкостей с использованием прозрачных кювет. В основе метода лежит явление преломления света в цилиндрических линзах [2]. Через кювету с жидкостью наблюдается транспарант с регулярно расположенными линиями, изображения которых поворачиваются на угол δ относительно первоначальной ориентации (рис.1).

Угол поворота δ однозначно связан с углом α между образующей цилиндра и линией транспаранта и показателем преломления n жидкости.

$$n = \frac{2 \cos \alpha \cdot \sin \delta + \alpha}{\sin 2\alpha + \delta}$$

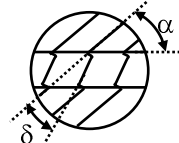


Рис.1. Измерение n по углу поворота δ изображения

Как видно из соотношения (1), показатель преломления жидкости, которая находится в кювете, или прозрачного твердого тела в виде стержня не зависит от диаметра цилиндра и определяется углами α и δ .

В данной работе этот метод, позволяющий легко определять показатель преломления жидкостей, получил дальнейшее развитие.

Первое направление нашей работы – повышение точности определения показателя преломления.

Согласно соотношению (1) показатель преломления может быть определен при любом положении кюветы относительно линий решетки, т.е. при любом угле α (кроме $\alpha = 0^\circ$ и $\alpha = 90^\circ$, т.к. в этом случае при показателе преломления $n < 2$ угол поворота $\delta = 0^\circ$). Однако оптимальная точка δ_{max} наиболее точного измерения данного показателя преломления (с наименьшей погрешностью Δn) при изменении угла α

может быть получена из уравнения:

$$\delta = \arctg \left[\frac{n}{2-n} \operatorname{tg} \alpha \right] - \alpha . \quad (2)$$

Из условия экстремума: $\frac{d\delta}{d\alpha} = 0$ следует значение угла $\alpha = \alpha_{\max}$, при котором угол поворота δ достигает максимальной величины δ_{\max} :

$$\alpha_{\max} = \arctg \sqrt{\frac{2-n}{n}}, \quad \delta_{\max} = \frac{\pi}{2} - 2\alpha_{\max} . \quad (3)$$

Таким образом, для увеличения точности определения показателя преломления n кювету необходимо размещать под таким углом $\alpha = \alpha_{\max}$, при котором угол поворота δ достигает максимальной величины δ_{\max} .

На рис.2 приведены зависимости угла α от угла δ для различных веществ, полученные на экспериментальной установке, которые подтверждают, что для $1,3 < n < 1,7$ δ_{\max} достигается при расположении оси кюветы под углами α к решетке $\alpha_{\max} \sim 20^\circ - 40^\circ$. Для измерения углов в созданном рефрактометре используются гониометры.

Второе направление модернизации метода состояло в получении цифровых изображений кювет с жидкостью, расположенных на транспаранте, полученных по схеме, приведенной на рис.3а. Для съемки цифровым фотоаппаратом 1 транспарант 2 помещается на стекло вместе с образцом 3 (цилиндрической кюветой с жидкостью или прозрачным стержнем), показатель преломления которого необходимо определить. Образец освещается снизу через светофильтр источником света 4.

На рис.3б и 3в для примера представлены полученные цифровые снимки кюветы, заполненной водой и стеклянного цилиндра диаметром 1 мм.

Для определения показателя преломления необходимо измерить углы α и δ . Простое измерение углов на снимках позволяет быстро определять показатель преломления без установки и компьютера (экспресс-метод).

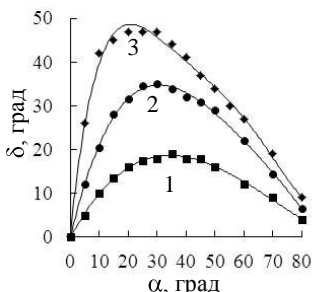


Рис.3. Экспериментальные зависимости $\delta = f(\alpha)$

1 – $n = 1,33$; 2 – $n = 1,57$;
3 – $n = 1,73$

Точность определения показателя преломления зависит от точности измерения углов, которые можно измерять, обрабатывая цифровые изображения на компьютере с помощью стандартных программ или специально разработанных. Специально разработанная программа для определения углов по цифровым снимкам на компьютере позволила повысить точность определения углов α и δ .

Данный метод можно применять для определения показателей преломления жидкостей в трубках при проточных вариантах измере-

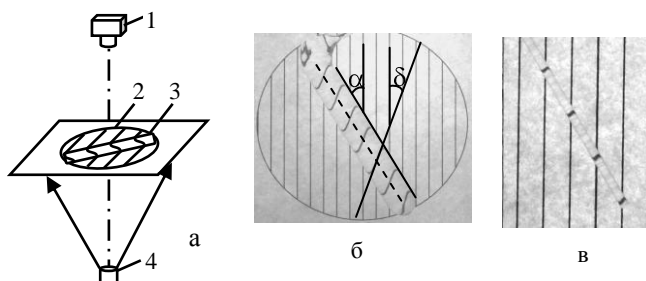


Рис. 3. Схема для съемки цифровым фотоаппаратом (а), цифровые снимки кюветы, заполненной водой (б) и стеклянного цилиндра диаметром 1 мм (в)

ний, прозрачных стержней цилиндрической формы с произвольным радиусом вплоть до 1 мм. Стержни малого диаметра можно фотографировать с помощью микроскопа.

Методика используется в лабораторном практикуме по спецкурсу «Оптический контроль».

Литература

1. Артеменко С.В., Мусил В.В., Лемешевская Е.Т. Методика определения показателя преломления жидкостей с использованием прозрачных цилиндрических кювет. Актуальные проблемы физики их информационное обеспечение. Материалы студенческой научной конференции. Харьков. ХПИ, 2003. с. 11–13;
2. Alonso J., Bernabeu E .A method for the measurement of the refractive index of dielectric cylinders // Pure Appl. Opt. – 1997. – V.6. p. 147–152.

***Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»***

***Ст. Т.Г. Гринько
Рук. доц. В.А. Лыках***

Колебательные реакции – это периодические процессы, характеризующиеся колебаниями концентраций некоторых промежуточных соединений и соответственно скоростей превращения.

Впервые колебательную химическую реакцию, проявляющуюся в виде периодических вспышек при окислении паров фосфора, наблюдал Роберт Бойль в конце XVII века. Однако это не привлекло особого внимания, поскольку химическая кинетика как наука еще не существовала, и никто не имел представления о том, как может идти столь сложная химическая реакция.

Современная история исследований колебательных химических реакций в жидкой фазе началась в 1951 году, когда Б.П. Белоусов открыл колебания концентраций окисленной и восстановительной форм церия в реакции взаимодействия лимонной кислоты с броматом. Раствор регулярно менял свою окраску от бесцветной к желтой, затем снова к бесцветной и т.д.

В конце 1961 года работа Б.П. Белоусова была продолжена А.М. Жаботинским. Он провел подробные исследования колебаний в системе с малоновой кислотой, которая оказалась более удобным восстановителем. После этого стали интенсивно изучать реакцию, которая сейчас широко известна под названием «реакция Белоусова-Жаботинского». Если реагирующую смесь разместить тонким плоским слоем, в нём возникают волны изменения концентрации, которые видны невооружённым глазом в присутствии индикаторов.

Еще одной колебательной реакцией является реакция Бриггса-Раушера. При взаимодействии пероксида водорода, йодноватой кислоты, сульфата марганца (II), серной и малоновой кислот и крахмала возникает колебательная реакция с переходами бесцветный – золотой – синий.

Занимательной является так называемая реакция «Ртутное сердце». На часовое стекло кладут большую каплю ртути и заливают ее раствором бихромата калия в серной кислоте. На расстоянии несколько миллиметров от капли закрепляют железный гвоздь или иголку. В результате циклической ОВР, капля ртути пульсирует за счет изменения поверхностного натяжения пленки сульфата ртути.

Колебательные реакции нашли применение в таких областях науки как физика, биохимия, экология, аналитическая химия, социология. Колебательные реакции лежат в основе важнейших биологических процессов - генерации нервных импульсов и биоритмов, мышечного сокращения.

Биологические ритмы являются наглядным примером колебательных процессов. Одни из них относительно самостоятельны, например, частота сокращений сердца, дыхания. Другие связаны с геофизическими циклами: суточные связаны с колебаниями обмена веществ; годовые отражаются на изменении численности и активности животных, роста и развития растений; открывание и закрывание раковин у морских моллюсков связано с уровнем морских приливов.

В медицине колебательные реакции помогли разобраться в различных видах аритмий, возникающих в сердечной мышце. Такие же режимы наблюдаются в социальных процессах (изменение народонаселения, развитие экономики).

Муштакова Светлана Петровна в статье для журнала «Химия» описывала колебательный процесс на примере популяций волков и зайцев. До определенного момента их соотношение было сбалансированным, то есть зайцев как раз хватало, чтобы прокормить определенное число волков. Затем в число зайцев возросло. Это увеличило количество пищи для волков и, следовательно, их число. Сытые волки начинают усиленно размножаться, давая новое потомство. Складывается ситуация, когда зайчатник уже не в состоянии прокормить всех волков – численность зайцев начинает падать, а волков (до поры) продолжает расти. Наконец, экосистема перенаселена волками, а зайцам место чуть ли не в Красной книге. Став экологической редкостью, зайцы становятся трудной добычей для волков. Нехватка пищи приводит к сокращению численности волков. Теперь, когда численность волков достигла минимума, некому охотиться и за зайцами. Зайцы начинают плодиться и вновь возникает изобилие зайцев.

Учитывая значимость выявленных реакций для науки, эта работа была признана как научное открытие и занесена в Государственный реестр открытий СССР.

Литература

1. Жаботинский А.М. Концентрационные колебания. М.: Наука, 1974.
2. Гарел Д. и О. Колебательные химические реакции. М.: Мир, 1986.
3. Муштакова С.П. Колебательные реакции в химии. М.: Химия, 1997.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО МЕТОДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

Ст. А.Л. Кирюшин

Рук. доц. Р.П. Орёл

Тепловой метод контроля – это контроль с помощью тепловизора в инфракрасной области диапазона, построение температурной карты поверхности, наблюдение динамики тепловых процессов и расчет тепловых потоков. Тепловизор воспринимает инфракрасные сигналы и преобразует их в электрические импульсы, которые, в свою очередь, усиливаются и затем превращаются в видеосигнал, отображающийся на дисплее прибора.

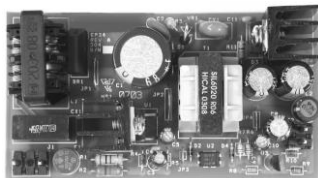
На сегодняшний день актуальные радиоэлектронные устройства (РЭУ) демонстрируют собой трудные механизмы, которые содержат множество компактно размещенных элементов, в которых во время работы выделяется и рассеивается тепловая энергия. Теоретически вычислить тепловые режимы РЭУ представляется очень трудным заданием, на основании чего особое значение получает бесконтактный способ теплового контроля этих режимов при помощи тепловизоров, содержащий ряд преимуществ, по сравнению с контактными способами, наиболее значимые из которых следующие:

- измерения можно проводить в зонах высокого напряжения и для тех элементов РЭУ, которые не допускают физического контакта.
- использование бесконтактных методов позволяет автоматизировать процессы измерений и выводить их результаты на компьютер, получая при этом быструю и непрерывную информацию о состоянии контролируемого изделия.

Разрабатывая современные РЭУ, широко используются многослойные печатные платы, многие характерные неисправности которых не могут быть выявлены при стандартных испытаниях, однако хорошо проявляются на термограммах, снятых тепловизором. При использовании последних в крупносерийном производстве предварительно снимают эталонную термограмму с пригодной платы или устройства и с ней сравнивают термограммы всех остальных плат, вследствие чего

принимается решение об их пригодности для следующей сборки в изготавливаемой технике.

Также изображены результаты теплового контроля импульсного блока питания мощность 30 Вт при различных режимах его работы без верхней крышки корпуса. Для этих целей использовался тепловизор ИРТИС-200, который позволяет определять абсолютные температуры и обладает чувствительностью $0,1^{\circ}\text{C}$ при 60°C . Анализ полученных термограмм (см. рисунок) позволил легко выявить области платы с повышенным тепловыделением. Но, учитывая режим испытаний, полученная картина соответствует норме даже с учетом снятой верхней крышки. Результаты показывают естественный термический резерв (температура наиболее нагретых элементов не превышает 62°C). В ходе исследования демонстрируется легкость проявления тепловыделяющих участков схемы, требующих дополнительного внимания, поиск которых стандартными средствами может быть довольно кропотливым.



Видимое изображение



Термограмма

Результаты экспериментов показывают, что тепловой метод контроля с успехом может применяться в любой сфере использования электронных устройств для контроля режимов их работы. Применение теплового контроля подобных изделий и его достоинства подтверждены экспериментальными исследованиями, проведенными на кафедре физики ХНУРЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслова В.А, Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. / Харьков: «Компания СМИТ», 2004. –160с.
2. Неразрушающий контроль: Справочник в 7 т. / Под ред. В.В.Клюева. Т.5: В 2 кн. Кн. 1: Тепловой контроль М.: Машиностроение, 2004. – 697с
3. Стороженко В.А. Малик С.Б. Применение термографии для контроля печатных плат / Техническая диагностика и неразрушающий контроль, №1, 2007. – с.28-31.

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ТЕПЛОВОМ НЕРАЗРЫВНОМ КОНТРОЛЕ

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

Ст. Г.В. Фоменко

Рук. доц. Р.П. Орёл

Тепловой неразрывный контроль обладает большим количеством преимуществ. Его сфера применимости очень велика и это повлекло за собой создание нового поколения тепловизионных компьютерных комплексов.

Одной из причин «размытия» информации о внутренней структуре контролируемого объекта является диффузионный характер процесса распространения тепла. Это не позволяет применить такие методы как просвечивание, эхо-метод, методы компьютерной томографии.

Выполняя тепловой контроль возникает необходимость решения обратной задачи нестационарной теплопроводности. Сглаживание температуры в объекте контроля и временное запаздывание температурных сигналов достаточно хорошо усложняют идентификацию внутренних геометрических и теплофизических характеристик дефектов по результатам измерений температуры. Исходя из этого, решение обратной задачи оказывается неустойчивым относительно малых колебаний измеряемого параметра, то есть функции температуры поверхности объекта контроля $T_{пов}$. Одним из существенных препятствий для широкого применения разработанных методов ТДМ является влияние теплоотдачи с поверхности объекта контроля на тепловой отклик. При этом связь теплового отклика $T_{пов}$ с параметрами дефекта уже не может быть выражена аналитической зависимостью. Для ее восстановления предлагается алгоритм адаптации теплового отклика. В результате решения прямой задачи теплопроводности в бездефектном объекте с соответствующим измеренному отклику $T_{пов}$ потоком тепла $\alpha \cdot T_{пов}$, получаем поправку dT . На рис.1 схематично показаны распределения температуры на поверхности объекта контроля над внутренним дефектом, наблюдаемые и с поправкой dT . Адаптированный тепловой отклик аналитически связан с параметрами дефекта.

Более того, такая проблема возникает для объектов контроля сложной формы поверхности. Применение алгоритма адаптации позволяет свести задачу к предыдущей – задача с плоской границей. В этом случае сложность формы объекта контроля не позволяет сразу применить известные алгоритмы, однако, пока мы ничего не знаем о внутренней структуре объекта, снаружи можем разместить любое вещество, в том числе и совпадающие с его материалом. Тогда для этой дополнительной внешней части можно решить задачу теплопроводности численным методом и определить зависимость $T'_{пов}$ на ее внешней поверхности. Фактически, мы при этом находим, какую $T'_{пов}$, какую необходимо задать для новой границы «расширенного» объекта для того, чтобы на прежней границе, а следовательно и внутри объекта, было получено то самое распределение $T_{пов}$. В результате получается задача определения параметров дефектов в новом объекте простой формы решение которой известно.

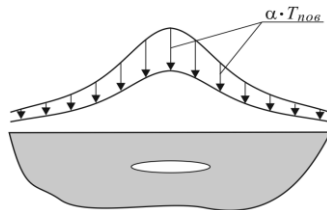


Рис.1 - Распределение температуры с температурной поправкой.

Данный алгоритм был проверен на практике в компьютерном эксперименте. Полученные данные были проанализированы, результаты алгоритма свидетельствуют об эффективности предложенного подхода повышения точности теплового контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельник С.И., Орел Р.П. Адаптивный алгоритм тепловой дефектометрии. // «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», №1, 2000. – с.29-35;
2. Маслова В.А, Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. Харьков: «Компания СМИТ», 2004.-160с;
3. Xavier P. V. Maldague . Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing. - John Wiley & Sons, Inc., 2001, p. 684.

ОСМОС И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ЭНЕРГЕТИКА

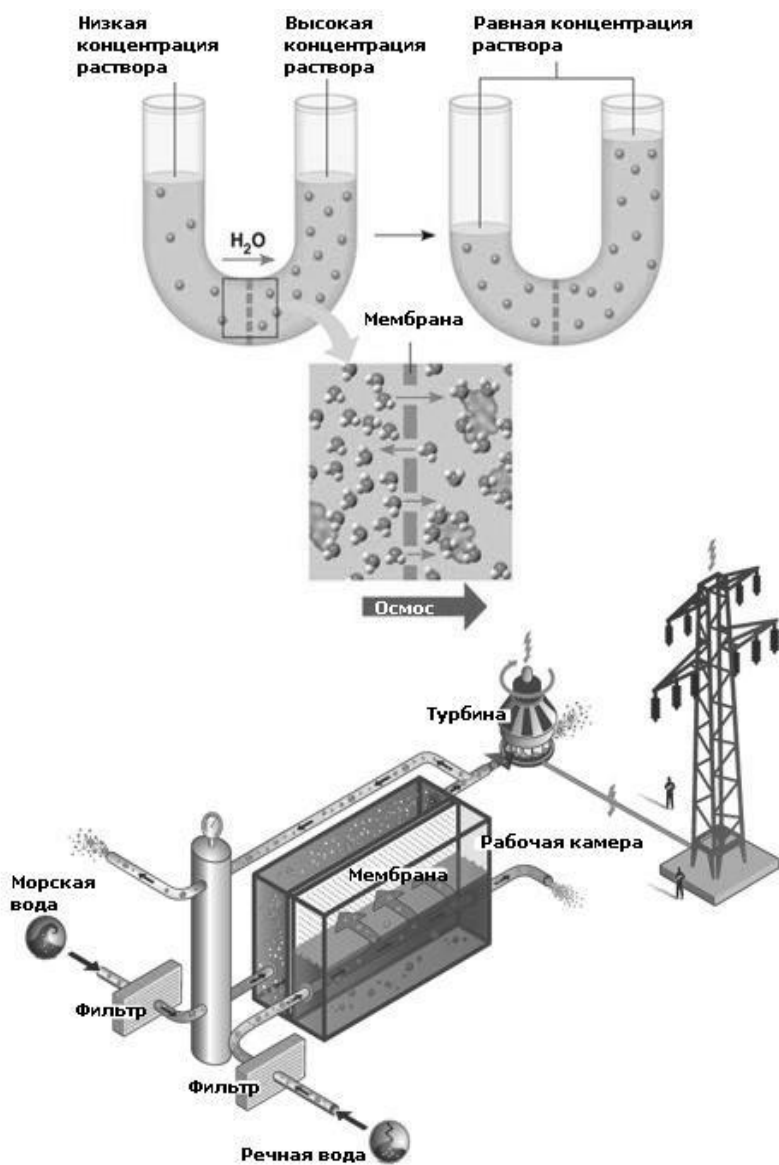
*Харьковский национальный аграрный
университет им В.В. Докучаева*

Ст.: А.В. Ренуло, В.А. Бугай

Рук. доц. С.С. Авотин

Осмос (от греч. *οσμως* — толчок, давление) — процесс односторонней диффузии через полупроницаемую мембрану молекул растворителя в сторону большей концентрации растворённого вещества. (Рис. 1). Если полупроницаемая мембрана разделяет раствор и чистый растворитель, то концентрация растворителя в растворе оказывается менее высокой, поскольку там часть его молекул замещена на молекулы растворённого вещества (см. рис.). Вследствие этого, переходы частиц растворителя из отдела, содержащего чистый растворитель, в раствор будут происходить чаще, чем в противоположном направлении. Объём раствора будет увеличиваться (а концентрация вещества уменьшаться), тогда как объём растворителя будет уменьшаться. Осмотическое давление возникает из-за того, что система пытается выравнять концентрацию раствора в обеих средах, разделённых мембраной, и описывается вторым законом термодинамики. Оно равно избыточному внешнему давлению, которое следует приложить со стороны раствора, чтобы прекратить процесс, то есть создать условия осмотического равновесия. Осмос играет важную роль во многих биологических процессах. Мембрана, окружающая нормальную клетку [крови](#), проницаема лишь для молекул воды, [кислорода](#), некоторых из растворённых в крови питательных веществ и продуктов клеточной жизнедеятельности; для больших [белковых](#) молекул, находящихся в растворённом состоянии внутри клетки, она непроницаема. Осмос участвует в переносе питательных веществ в стволах высоких деревьев, где капиллярный перенос не способен выполнить эту функцию. Клетки растений используют **осмос** также для увеличения объёма [вакуоли](#), чтобы она распирала стенки клетки ([тургорное давление](#)). Клетки растений делают это путём запасания сахарозы. Увеличивая или уменьшая концентрацию сахарозы в цитоплазме, клетки могут регулировать осмос. За счёт этого повышается упругость растения в целом. С изменениями тургорного давления связаны многие движения растений (например,

движения усов [гороха](#) и других лазающих растений). Пресноводные [простейшие](#) также имеют вакуоль, но задача вакуолей простейших заключается лишь в откачивании лишней воды из цитоплазмы для поддержания постоянной концентрации растворённых в ней веществ. Осмос широко используют в лабораторной технике: при определении молярных характеристик полимеров, концентрировании растворов, исследовании разнообразных биологических структур. Осмотические явления иногда используются в промышленности, например при получении некоторых полимерных материалов, очистке высокоминерализованной воды методом [обратного осмоса](#) жидкостей. В случаях, когда мембрана проницаема не только для растворителя, но и для некоторых растворённых веществ, перенос последних из раствора в растворитель позволяет осуществить [диализ](#), применяемый как способ очистки [полимеров](#) и [коллоидных](#) систем от низкомолекулярных примесей, например [электролитов](#). Особый интерес представляет использование осмоса для получения электроэнергии. Первая в мире [электро-станция](#) использующая для выработки электричества явление осмоса, запущена компанией Statkraft [24 ноября 2009 года](#) в Норвегии вблизи города Тофте. Солёная морская и пресная вода на электростанции разделены [мембраной](#); так как концентрация солей в морской воде выше, между солёной водой моря и пресной водой [фьорда](#) развивается явление осмоса, — постоянный поток молекул воды через мембрану в сторону солёной воды (Рис. 1). В результате этого давление солёной воды возрастает. Это давление соответствует давлению столба воды в 120 метров высотой, то есть достаточно высокому водопаду. Поток воды достаточен, чтобы приводить в действие гидротурбину, вырабатывающую энергию. Производство носит ограниченный характер, основная цель — тестирование оборудования. Самый проблематичный компонент электростанции — мембраны. По оценкам специалистов Statkraft мировое производство может составить от 1 600 до 1 700 TWh, что сравнимо с потреблением Китая в 2002. Ограничение связано с принципом действия — подобные электростанции могут быть построены только на морском побережье. Это не вечный двигатель, источником энергии является энергия солнца. Солнечное тепло отделяет воду от моря при испарении и посредством ветра переносит на сушу. Потенциальная энергия используется на [гидроэлектростанциях](#), а химическая энергия долго оставалась без внимания.



ДЕМОНСТРАЦИЯ СВЯЗАННЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. К. Савченко

Рук. доц. А.Г. Лазаренко

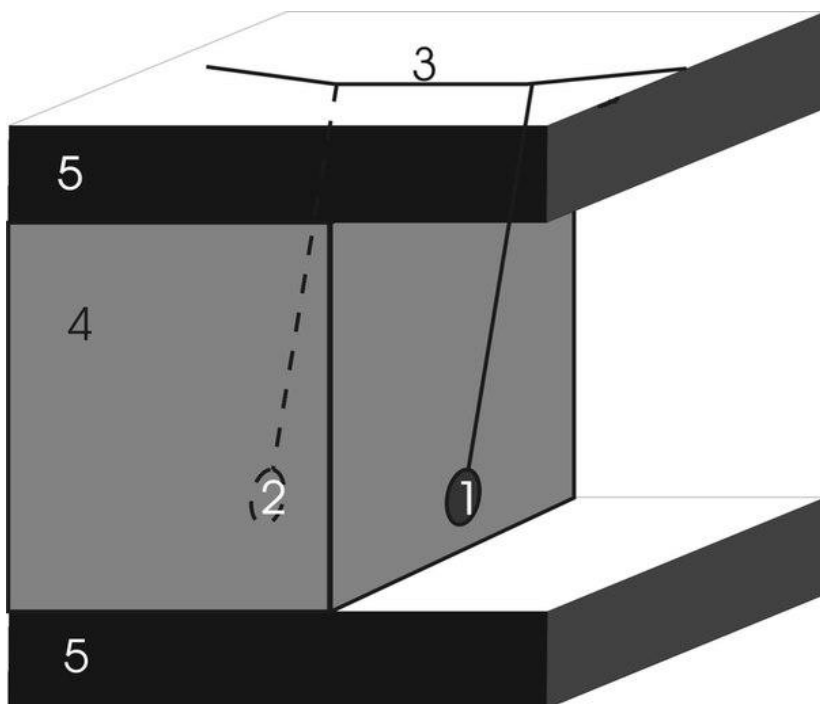
Демонстрационная установка содержит два одинаковых маятника 1 и 2 в виде грузиков на нитях, привязанных к резиновому шнуру 3. При этом в начале демонстрационного эксперимента один из маятников (2 на рисунке) скрыт съемной ширмой 4, крепящейся к общему каркасу установки 5.

В исходном положении оба маятника должны находиться в покое, а демонстрация начинается выведением первого маятника из положения равновесия. В процессе явно заметного затухания маятника лектор может рассказать о законе сохранения энергии в гармонических колебаниях, о не идеальности любых реальных колебательных систем и о затухании колебаний в них. К моменту остановки колебаний первого маятника необходимо обратить внимание слушателей на пренебрежимо малую их амплитуду, а также можно рассказать о процессе установления вынужденных или параметрических колебаний, отмечая возрастание амплитуды колебаний первого маятника. При отсутствии реакции слушателей на кажущееся противоречие слов лектора и поведения маятника можно привлечь внимание слушателей к этому факту и к "неправильному" поведению маятника, совершающего не затухающие, а усиливающиеся колебания. Добившись этого, лектор может снять ширму 4 и тем самым открыть "секрет" установки в виде второго маятника.

При этом стоит рассказать о связанных колебаниях как механической, так и электрической природы и обратить внимание слушателей на аналогию в поведении кинетической и потенциальной энергии обычного осциллятора с энергией взаимодействующих посредством упругой связи (3) колеблющихся маятников: во время практически полной остановки одного из маятников амплитуда колебаний второго достигает максимума и цикл повторяется. Необходимо подчеркнуть необходимость тщательного выравнивания периодов колебаний обоих маятников для эффективного обмена энергией между ними, а также правильного выбора точек их подвеса в пучностях стоячих волн резинки 3 - на четвертях ее длины от точек

крепления к каркасу 5

Схема изготовленной установки



Литература

- 1 . Физический энциклопедический словарь, М., Сов.энциклопедия, 1983, с. 672.;
2. Горелик Г.С. Колебания и волны, М., 1959.;
3. Крауфорд Ф., Волны. М., 1974 (Берклевский курс физики, т. 3.);
4. Дж. Оорип , Физика, том 1, М.,1981.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ- НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. С. Батаченко

Рук. проф. А.А. Мамалуй

В настоящее время термин «наноструктурные материалы» стал общепринятым. Под этим термином понимаются материалы, макросвойства которых определяются структурными особенностями строения в наномасштабах. По сути дела речь идёт о традиционно сложившемся направлении исследования в физике твёрдого тела и сверхпроводимости, где характерный размер элементарной ячейки, точечных дефектов (примесей замещения и внедрения, вакансий), корреляционный «размер» электрон-фононного взаимодействия и т.д. имеют наномасштабы и являются «наноструктурными» пространственными элементами, определяющими макросвойства веществ.

Особенно ярко это проявляется на кристаллах ВТСП-систем, имеющих определённо выраженные низкоразмерные структурные мотивы. Например, в системе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ имеются как двумерные Cu-O плоскости, так и одномерные Cu-O цепочки [1].

В зависимости от условий выращивания, характерным является наличие кислородных вакансий в цепочках Cu-O и их структурирование в виде вакансионных сверхструктур, имеющих различное строение [2].

В работе рассматриваются различные вакансионные сверхструктуры, их неустойчивость при наличии различных воздействий и влияния на критические параметры $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ [2,3].

Литература:

1. Muller K.A., Bednorz J.G., Tarnowski D. – La Recherche, № 195, Janvier 1988, p. 52.
2. Alario-Franco M.A., Choillout C., Capponi J.J., et al. //Physica C. – 1988 – v.15. – p. 455-460.
3. Cava R.J., Hevalt A.W., Battlogg B. et al. //Physica C. – 1990 – v.165. – p.419-423.

ПОЛЯРНИЙ МАГНІТООПТИЧНИЙ ЕФЕКТ КЕРРА В МАГНІТНОМУ ФОТОННОМУ КРИСТАЛІ З ФЕРИТ-ГРАНАТОВИМ МІКРОРЕЗОНАТОРОМ

Фізико-технічний інститут низьких температур

ім. Б.І. Веркіна НАН України

Ст. К.В. Малахов

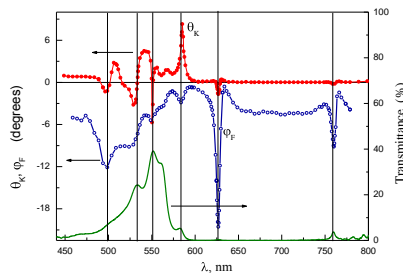
Рук. м.н.с. І.М. Лукієнко

На сьогодні значний інтерес науковців, які працюють в галузі вивчення розповсюдження та перетворення світла, викликають фотонні кристали – штучні періодичні структури, геометричні розміри та оптичні константи яких задають умови відбивання та проходження променів в різних напрямках. Фотонні кристали є перспективними для конструювання на їх основі мікромініатюрних пристроїв оптоелектроніка, систем відображення, зберігання та передавання інформації [1].

Існує велика кількість теоретичних розробок та експериментальних досліджень одно-, дво- та тривимірних фотонних кристалів. В окрему групу можна виділити одновимірні магнітні фотонні кристали [2]. До їх складу входить магнітний матеріал, як періодична складова структури, або як структурний дефект. Оптичні властивості задаються магнітооптичними параметрами магнітних шарів і параметрами брегівських дзеркал, що утворюють структуру. Їх основними характеристиками є «заборонена зона» у спектрі пропускання, яка задається параметрами брегівських дзеркал, і резонансний пік, обумовлений наявністю магнітного шару. Завдяки підсиленню інтенсивності електромагнітної хвилі в об'ємі магнітного шару при багатократному відбиванні, в таких матеріалах спостерігають значне збільшення магнітооптичного ефекту Фарадея, який спостерігають при проходженні світла крізь структуру. Задача роботи полягала у вимірах полярного ефекта Керра, а саме, кута обертання світла, відбитого від поверхні магнітного фотонного кристалу. Як і при вимірах ефекту Фарадея магнітне поле було паралельним хвиловому вектору падаючого світла. Досліджувався магнітний фотонний кристал $-\text{кварц}/[\text{TiO}_2/\text{SiO}_2] \times 7 / \text{M}_1/\text{M}_2 / [\text{SiO}_2/\text{TiO}_2] \times 7$ з магнітними шарами (M_1/M_2) із YBi-ферит-гранату та брегівськими дзеркалами $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, [3].

Магнітооптичні виміри проводили з використанням модуляційної методики. В роботі порівнюються одержані спектри ефекту Керра із

спектрами ефекту Фарадея і пропускання. Резонансне підсилення ефекту Керра при певних довжинах хвиль світла співпадає з інтерференційними резонансами у спектрах Фарадея і пропускання. Характерним є те, що відносні величини резонансних піків при ефекті Керра суттєво відрізняються від величини таких піків при ефекті Фарадея. Ця обставина очевидно пов'язана з тим, що дисперсія сталих ефекту Фарадея і Керра суттєво відрізняються між собою. В області «забороненої зони» сталі керівського обертання суттєво менші, порівняно з областю відносної прозорості фотонного кристалу. Збільшення керівського обертання завдяки резонансним властивостям, є суттєвим: кут досягає 8° при керівському куті окремої плівки граната $\text{YBi-ферит-граната } 0,07^\circ$. Ширина резонансних піків при ефекті Керра помітно менша за ширину фарадеевських. Одержані результати показують, що магнітооптичні властивості магнітних фотонних кристалів кварц/ $[\text{TiO}_2/\text{SiO}_2] \times 7 / \text{M}_1/\text{M}_2 / [\text{SiO}_2/\text{TiO}_2] \times 7^*$ при відбиванні світла можуть мати практичне значення.



Спектральні залежності кута обертання при полярному ефекті Керра, ефекті Фарадея (заповнені і пусті кружечки, відповідно) та спектр пропускання (суцільна лінія) магнітного фотонного кристалу кварц/ $[\text{TiO}_2/\text{SiO}_2] \times 7 / \text{M}_1/\text{M}_2 / [\text{SiO}_2/\text{TiO}_2] \times 7$.

1 M Inoue^{1,2,3}, R Fujikawa¹, A Baryshev¹, A Khanikaev¹, P B Lim², H Uchida¹, O Aktsipetrov³, A Fedyanin³, T Murzina³ and A Granovsky³ Magnetophotonic crystals 2006 J. Phys. D: Appl. Phys. 39 R151.

2 A. Garcia-Martin and G. Armelles, S. Pereira. Light transport in photonic crystals composed of magneto-optically active materials PHYSICAL REVIEW B 71, 205116 s2005.

3 Кристали були виготовлені в Таврійському університеті ім В. Вернадського [Berzhansky V.N., Mikhailova T.V., Karavainikov A.V., Prokopov A.R., Shaposhnikov A.N., Lukienko I.N., Kharchenko Yu.N., Miloslavskaya O.V., Kharchenko N.F. Microcavity one-dimensional magnetophotonic crystals with double layer iron garnet // J. Magn. Soc. Jpn. 2012. Vol. 36, N 1-2. P. 42-45]

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ РЕНТГЕНОГРАММ ПОРОШКОВЫХ ОБРАЗЦОВ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКТОМЕТРА

Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

Ст. Д.С. Урденко

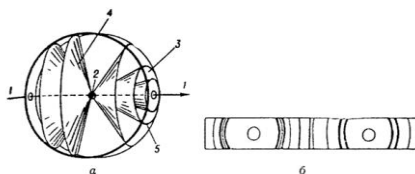
Рук.: доц. Е.М. Савченко, инж. Д.В. Толмачев

Метод получения порошковых рентгенограмм входит в число классических методов исследования кристаллов. Он заключается в том, что пучок характеристического рентгеновского излучения падает на образец, сформированный из мелкого порошка или состоящий из мелких зерен исследуемого вещества. В таком образце присутствуют разнообразно ориентированные кристаллиты. Удобство этого метода состоит в простоте приготовления образцов и в относительной быстроте получения структурной информации. Падающие лучи отражаются от тех кристаллов, которые по отношению к направлению падающего пучка оказываются ориентированными так, что соответствующий угол удовлетворяет условию Вульфа-Брэгга.

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

Достоинством этого метода, является относительная простота и высокая точность определения и получения дифракционного максимума.

Исторически первым методом регистрации дифрактограмм в этом методе является фотографический. Съемка проводилась в специальных камерах (камера Дебая), а полученные рентгенограммы назывались дебаеграммами (Рис.1).



*Рис.1. а – схема рентгеновской съёмки по методу порошка;
б – типичная порошковая рентгенограмма (дебаеграмма).*

Поскольку экспонирование рентгенограммы проводится сразу для всех отражающих плоскостей кристалла, к стабильности источников питания таких установок не предъявляется слишком больших требований.

Дальнейшее развитие метод порошка получил при использовании рентгеновских дифрактометров. В рентгеновском дифрактометре рентгенограмма получается последовательным сканированием по углам (Рис.2).

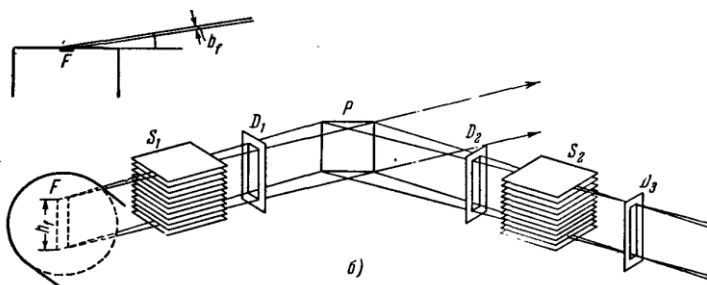


Рис.2. Фокусировка по Бреггу-Брентано с штриховой проекцией

Это предъявляет повышенные требования к стабильности источников питания рентгеновской трубки, но значительно повышает разрешающую способность исследования как по углу, так и по величине интенсивности.

Дифрактометры обладают рядом преимуществ перед камерами с фотографической регистрацией. К ним следует отнести большую точность определения интенсивностей, возможность регистрации профиля линий, регистрацию части дифракционной картины, и т.д.

Однако для практической реализации этих потенциальных преимуществ необходима тщательная подготовка образцов к исследованию. Для корректного определения интенсивности дифракционных максимумов, образец не должен содержать текстуры.

Предусмотренное во многих случаях вращение образца не может в полной мере устранить источники возможных ошибок. Для уменьшения влияния текстуры приходится иногда добавлять в исследуемый образец аморфный наполнитель, который препятствует преимуще-

ственной ориентации кристаллов. Однако это уменьшает полезную интенсивность отражения. Образец для съемки готовится в виде плоского шлифа, спрессованных таблеток, суспензии с клеем, нанесенной на плоскую поверхность, либо путем заполнения специальной кюветы.

Во всех случаях образец имеет плоскую поверхность и при съемке происходит фокусировка дифракционных линий, так как вследствие одновременного вращения образца и счетчика для регистрируемой линии сохраняется необходимое равенство углов между первичным и отраженным лучами и поверхностью образца. Запись дифракционной картины производится на диаграммную ленту при непрерывной записи или выводится в виде таблицы при регистрации «по точкам».

В каждой точке при регистрации «по точкам» измеряют либо количество импульсов за определенное заданное время, либо измеряют время необходимое для набора заранее определенного количества импульсов. Во втором случае обеспечивается постоянная точность в разных точках измерения. Образцы, чувствительные к воздействию воздуха или паров воды, могут быть изолированы от внешней среды тонкой пленкой. Существуют приставки к дифрактометру, которые позволяют проводить исследования при пониженных температурах, при повышенных температурах, в вакууме. Современные дифрактометры снабжены управляющими ЭВМ, которые позволяют оптимизировать процесс сбора и обработки информации.

Учебный эксперимент проводился на порошковых образцах $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$, на установке ДРОН-2. Использовалась рентгеновская трубка с характеристическим излучением Fe K_α в положении линейчатого фокуса. Для подавления K_β излучения использовался β -фильтр.

Составлено методическое описание соответствующей лабораторной работы для студентов специализации «Магнетизм наноразмерных систем»

Литература:

1. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматгиз, 1961. – 864 с.;
2. Хейкер Д.М., Зевин Л.С. Рентгеновская дифрактометрия. – М.: Физ-матгиз, 1963. – 380 с. матгиз, 1963. – 380 с.

ОРИЕНТАЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ КУБИЧЕСКОЙ И ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОВСКОГО ДИФРАКТОМЕТРА

Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

Ст.: И.В. Головенько

Рук.: доц. Е.М. Савченко, инж. Д.В. Толмачев

Дифракционные методы дают возможность ориентировать кристаллы, в частности, определять положение оси легкого намагничивания в образцах с высокой концентрацией магнитных ионов.

В данной работе для решения подобной задачи в образцах гексаферрита бария ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) и магнетита (Fe_3O_4) применялся рентгеновский дифрактометр, что позволило отказаться от более трудоемкой фотографической регистрации.

Определялось положение осей: для гексаферрита [001], для магнетита [111]. Для этого в соответствии с формулой Вульфа-Брэггов, по известной длине волны характеристического рентгеновского излучения $\lambda = 1,9373 \text{ \AA}$, вычислялся угол θ для разных кристаллографических индексов :

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{2d_{hkl}}, \quad \theta = \arcsin \frac{\lambda}{2d_{hkl}},$$

для гексагональной решетки: $h = 0, k = 0, l = 1, \dots, l$,

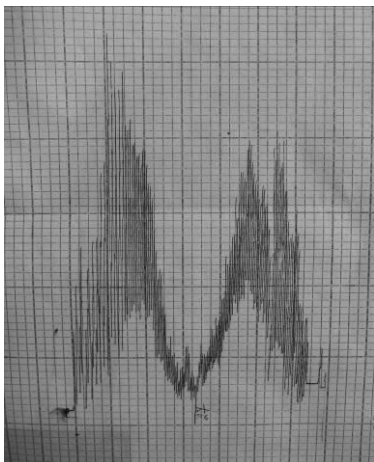
для кубической решетки: $h = 1, \dots, h, k = 1, \dots, k, l = 1, \dots, l$.

Для расчета использовались электронные таблицы Excel.

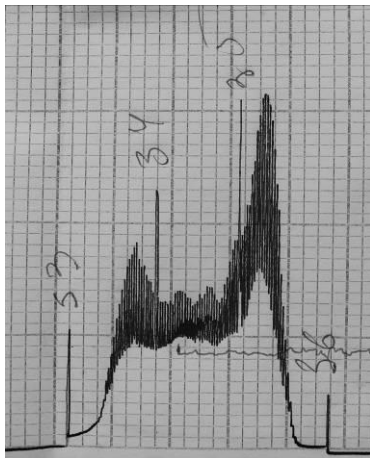
Данные монокристаллы обладают разной симметрией, что обусловило различие в расчете углов.

Законы погасания рефлексов можно определить из символа группы симметрии. Погасания, характерные для каждой пространственной группы, приведены в справочных таблицах. В нашем случае, согласно законам погасания для группы $R\bar{6}_3 / mnc$ (гексаферрит бария) погасания соответствуют нечетным l и соответствующие углы θ были отброшены. Для группы $Fd\bar{3}m$ (магнетит) возникают только те отражения, все индексы которых - числа одинаковой четности (т.е. либо все четные, либо все нечетные).

Угол θ определяет наклон кристаллографической оси относительно нормали к поверхности монокристаллического образца.



(а)



(б)

На рисунках представлены дифрактограммы, полученные для гексаферрита (а) и магнетита (б). Определены углы θ , которые составляют $\theta = 28,6^\circ$ (магнетит), $\theta = 34,8^\circ$ (гексаферрит).

По наличию пиков можно говорить о блочной структуре образцов и определить углы разворотов блоков.

Литература:

1. Зиман З.З. Основы структурної кристаллографії. - Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2008. - 212 с.;
2. Шаскольская М. П. Кристаллография. - М.: «Высш. школа», 1976. - 391 с.;
3. Пинес Б.Я. Лекции по структурному анализу. - Х.: Изд. Харьковского университета, 1967. - 476 с.

ЗЕРКАЛЬНЫЕ ФОТОАППАРАТЫ: ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, ОГРАНИЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. Д.Г. Волошин

Рук. доц. И.В. Синельник

Несмотря на появление большого количества новых устройств, фотоаппарат по-прежнему остается ведущим средством фиксации визуальной информации. В связи с развитием компьютерных технологий пленочные фотоаппараты постепенно вытесняются цифровыми.

Цифровой фотоаппарат имеет практически те же узлы, что и пленочная камера: объектив, видоискатель, встроенную вспышку и другие. Принцип работы идентичен с пленочными фотоаппаратами, за исключением наличия светочувствительной матрицы вместо пленки.

Зеркальные фотоаппараты функционально отличаются от обычных тем, что в видоискатель зеркальной камеры (цифровой или нецифровой) проецируется то же самое изображение, которое формируется через объектив аппарата на его светочувствительном элементе (плёнке, матрице). В зеркальном фотоаппарате между видоискателем и матрицей стоит зеркало, которое создает изображения на обоих устройствах, благодаря чему фотограф видит в видоискатель то, что получится после спуска затвора (смены положения зеркала в направлении матрицы).

Большинство цифровых камер позволяют снимать в “авто” режиме, то есть фактически берут на себя все заботы, связанные с фокусировкой объекта, выбором экспозиции и цветового баланса. Для реализации этих возможностей создаются специальные технологии, обеспечивающие улучшение качества изображения. Например, разработан новый фотоаппарат с полупрозрачным зеркалом, за счет чего изображения в видоискателе и на матрице формируются одновременно; при срабатывании затвора зеркало не приводится в действие механически – выигрывается время, исчезают вибрации. Основной недостаток такой системы – уменьшение светового потока. Другим примером является новое расположение цветов в матрице, что позволило избежать муара и улучшить цветопередачу.

Современные фотоаппараты широко используются в быту, технике и научных исследованиях.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АТОМА ВОДОРОДА

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. А.И. Бакланова

Рук.: доц. А.Ю. Сидоренко, доц. И.В. Синельник

При изучении объектов микромира часто возникает необходимость их визуализации. Однако использование иллюстративных материалов ограничивается необходимостью точного отражения физического содержания рассматриваемых объектов и явлений. Компьютерные технологии, расширили возможности демонстрации графических материалов за счет использования методов математического моделирования и построения графических изображений на основе строго решения физических задач.

В настоящей работе рассматривается атом водорода на основе квантово-механического подхода. Собственные волновые функции записываются как результат аналитического решения стационарного уравнения Шредингера. Плотность вероятности обнаружения электрона в заданной точке пространства равна квадрату модуля волновой функции. При визуализации распределения плотности вероятности в трехмерном пространстве возникает несколько проблем. Во-первых, значение волновой функции электрона в атоме водорода в общем случае зависит от трех переменных – радиуса (расстояния от ядра атома), полярного и азимутального углов в сферических координатах – и значит, для отображения распределения необходимо использовать четыре числа в трехмерном пространстве. Поэтому для визуализации зависимости в качестве четвертой координаты использовали цветовое решение – насыщенность цветового тона или плотность точек в паттерне, отображающем электронное облако, пропорциональна квадрату модуля волновой функции в данной точке пространства. Во-вторых, при построении трехмерного изображения возникает проблема отображения внутренних точек объекта, то есть прозрачности. Для визуализации радиальной зависимости предусмотрена возможность сечения трехмерного изображения произвольной плоскостью.

Была построена двух и трехмерная картина распределения вероятности обнаружения электрона в атоме водорода для различных значений квантовых чисел. Программа написана на языке C# в среде программирования MS Visual Studio 10.

ФРАКТАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.Б. Павлова
Рук. доц. М.В. Воинова*

Когда-то большинству людей казалось, что геометрия в природе ограничивается такими простыми фигурами, как линия, круг, коническое сечение, многоугольник, сфера, квадратичная поверхность, а также их комбинациями. К примеру, что может быть красивее утверждения о том, что планеты в нашей солнечной системе движутся вокруг солнца по эллиптическим орбитам?

Однако многие природные системы настолько сложны и нерегулярны, что использование только знакомых объектов классической геометрии для их моделирования представляется безнадежным. Как к примеру, построить модель горного хребта или кроны дерева в терминах геометрии? Как описать то многообразие биологических конфигураций, которое мы наблюдаем в мире растений и животных? Представьте себе всю сложность системы кровообращения, состоящей из множества капилляров и сосудов и доставляющей кровь к каждой клеточке человеческого тела. Представьте, как хитроумно устроены легкие и почки, напоминающие по структуре дерева с ветвистой кроной.

Столь же сложной и нерегулярной может быть и динамика реальных природных систем. Как подступиться к моделированию каскадных водопадов или турбулентных процессов, определяющих погоду?

Фракталы и математический хаос --- подходящие средства для исследования поставленных вопросов. Термин *фрактал* относится к некоторой статичной геометрической конфигурации, такой как мгновенный снимок водопада. *Хаос* --- термин динамики, используемый для описания явлений, подобных турбулентному поведению погоды. Нередко то, что мы наблюдаем в природе, интригует нас бесконечным повторением одного и того же узора, увеличенного или уменьшенного во сколько угодно раз. Например, у дерева есть ветви. На этих ветвях есть ветки поменьше и т.д. Теоретически, элемент «разветвление» повторяется бесконечно много раз, становясь все меньше и меньше. То же самое можно заметить, разглядывая фотографию горного рельефа. Попробуйте немного приблизить изображение горной гряды --- вы

снова увидите горы. Так проявляется характерное для фракталов свойство *самоподобия*.

Во многих работах по фракталам самоподобие используется в качестве определяющего свойства. Следуя Бенуа Мадельброту, мы принимаем точку зрения, согласно которой фракталы должны определяться в терминах фрактальной (дробной) размерности. Отсюда и происхождение слова *фрактал* (от лат. *fractus* --- дробный).

Понятие дробной размерности представляет собой сложную концепцию, которая излагается в несколько этапов. Прямая --- это одномерный объект, а плоскость --- двумерный. Если хорошенько перевернув прямую и плоскость, можно повысить размерность полученной конфигурации; при этом новая размерность обычно будет дробной в некотором смысле, который нам предстоит уточнить. Связь дробной размерности и самоподобия состоит в том, что с помощью самоподобия можно сконструировать множество дробной размерности наиболее простым образом.

Многие замечательные свойства фракталов и хаоса открываются при изучении итерированных отображений. При этом начинают с некоторой функции $y = f(x)$ и рассматривают поведение последовательности $f(x), f(f(x)), f(f(f(x))), \dots$ В комплексной плоскости работы такого рода восходят, по всей видимости, к имени Кэли, который исследовал метод Ньютона нахождения корня в приложении к комплексным, а не только к вещественным, функциям (1879). Замечательного прогресса в изучении итерированных комплексных отображений добились Гастон Жюлиа и Пьер Фату (1919). Естественно, все было сделано без помощи компьютерной графики. В наши дни, многие уже видели красочные постеры с изображением множеств Жюлиа и множества Мандельброта, тесно с ними связанного. Освоение математической теории хаоса естественно начать именно с итерированных отображений.

Изучение фракталов и хаоса открывает замечательные возможности, как в исследовании бесконечного числа приложений, так и в области чистой математики. Но в то же время, как это часто случается в так называемой *новой* математике, открытия опираются на пионерские работы великих математиков прошлого. Сэр Исаак Ньютон понимал это, говоря: «Если я и видел дальше других, то только потому, что стоял на плечах гигантов».

В данной реферативной работе рассматривается также один из примеров фракталов — дендритные кристаллы, наблюдаемые нами экспериментально.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БРОУНОВСКОГО ДВИЖЕНИЯ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е.А. Ярьсько
Рук. проф. А.А. Галуза*

Броуновское движение – явление, обнаруженное английским ботаником Р.Броуном (R.Brown) в 1827 г. и представляющее собой беспорядочное движение микроскопических частиц, находящихся во взвешенном состоянии, сыграло большую роль в физике и математике. Броуновское движение стало первым экспериментальным подтверждением основных положений молекулярно-кинетической теории. При попытке его строгого математического описания возникло понятие винеровского случайного процесса.

Первая теория броуновского движения была построена в 1904-1905 г.г. независимо А.Эйнштейном и М.Смолуховским. Экспериментальные исследования выполненные Ж.Б.Перреном, подтвердили выводы теории Эйнштейна-Смолуховского и позволили экспериментально определить постоянную Авогадро. Однако современные исследования показывают, что эта теория является приближенной, поэтому представляют интерес как экспериментальные исследования броуновского движения, так и теоретические, среди которых важное место занимает компьютерное моделирование.

Компьютерное моделирование может осуществляться двумя способами. Первый подход основан на решении уравнения Ланжевена, описывающем динамику движения частицы, которая рассматривается как материальная точка:

$$m\vec{a} = m \frac{d\vec{V}}{dt} = -\gamma\vec{V} + \eta(t)$$

где m – масса, a – ускорение, V – скорость частицы. Первое слагаемое в правой части – сила сопротивления среды; а второй – шумовой член, учитывающий силу, возникающую за счет непрерывных соударений частицы с молекулами среды. Второй подход основан на моделировании случайного движения молекул среды и их соударений с броуновской частицей, в результате чего она хаотически смещается.

В работе приведено сравнение результатов моделирования на основе этих двух подходов.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ И ИЗУЧЕНИИ ОПТИЧЕСКИХ ИЛЛЮЗИЙ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: А. Степанов, А. Харченко

Рук.: доц. И.В. Синельник, ст. пр. Г.Н. Белявская

Оптические иллюзии – феномены искажения зрительного восприятия, обусловленные физическими законами распространения света и взаимодействия его с объектами окружающего мира, физиологическими особенностями человеческого зрения, психологическими закономерностями восприятия. Исследованием оптических иллюзий занимаются физики, психологи, физиологи.

Изучение оптических иллюзий важно для интерпретации результатов наблюдений и измерений. Оптические иллюзии широко используются в изобразительном искусстве и в компьютерной графике. На основе оптических иллюзий появились новые направления в искусстве – оп-арт, имп-арт, пуантилизм. Изучение оптических иллюзий представляет интерес в связи с построением систем распознавания образов и текста, созданием систем трехмерного проектирования и моделирования, графических редакторов.

Современные компьютерные технологии дают дополнительные возможности исследования оптических иллюзий: во-первых, средства обработки графической информации позволяют провести доказательство наличия иллюзии – ошибки восприятия; во-вторых, использование анимации позволяет изучить механизмы возникновения иллюзий; в-третьих, возможно создание новых иллюзий для изучения закономерностей зрительного восприятия.

В настоящей работе рассматриваются иллюзии, связанные с ошибочным восприятием цвета, глубины, размера; иллюзии движения; невозможные фигуры и объекты; перевертыши, стерео-иллюзии; иллюзия Луны, комната Эймса; иллюзия «Левитация»; иллюзии, связанные с существованием слепого пятна на сетчатке глаза. Приводятся доказательства иллюзии восприятия и объяснения их возникновения.

Подробно рассмотрены механизмы возникновения стерео-эффекта и способы создания стереоизображений – картинок или видеоряда – на основе наложения двух отдельных изображений. Особенности зрительного восприятия позволяют увидеть объемную фигуру в, казалось бы, хаотичном смещении цветовых пятен.

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ

МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОВ КИРХГОФА И ОМА

ХНУ им. В.Н. Каразина

Уч. ХОШ №100 С. Жигальцев

Рук.: А.А. Давиденко ХНУ им. В.Н. Каразина

Н.И. Сологуб ХОШ №100

Электрические цепи, с которыми приходится иметь дело на практике, обычно состоят не из одного проводника, а из системы различных элементов, которые могут быть соединены между собой по-разному. Зная исходные параметры цепи (подаваемое напряжение, сопротивление проводников и способ их соединения), на основании правил параллельного и последовательного соединений закона Ома и можно рассчитать параметры отдельных элементов участка. Для прогнозирования работы участков со смешанными соединениями элементов удобным, а порой необходимым, является моделирование работы такого участка.

Для создания модели такой объемной конструкций в качестве ребер используем деревянные шпажки для шашлыков. К шпажкам прикреплены участки старой елочной гирлянды с патронами для лампочек. Соединяя эти ребра с лампочками между собой при помощи шариков из микропористой резины, получаем пирамиду.

Особый интерес представляют электрические соединения в виде пространственных фигур – пирамиды, куба. Изучение, выполнение лабораторных работ, решение задач на расчет электрических цепей привело к мысли проверить это экспериментально. После изучения законов я попробовал провести опыты.

На рис. 1а приведено схематическое соединение лампочек в форме пирамиды. Это соединение может быть представлено в виде электрической принципиальной схемы (рис. 1в).

Заменяя лампочки с одними значениями сопротивлений на лампочки с другими значениями, есть возможность получать заранее заданные комбинации яркости лампочек.

Предложенная конструкция позволяет легко получать любую пространственную фигуру, например куб (рис. 2).

Анализ работы такой конструкции, аналогично анализу конструкции в виде пирамиды, может быть произведен на основании эквивалентной электрической схемы. Предлагаемая модель позволяет проверять результаты анализа на опыте.

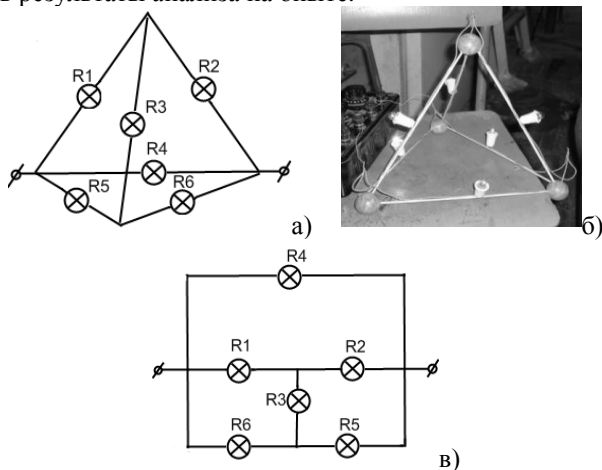


Рис. 1. Соединение лампочек в форме пирамиды:

а) схема эскизная, б) фото модели, в) схема принципиальная.

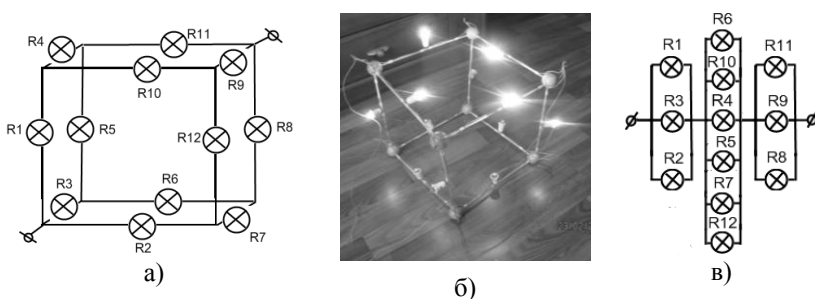


Рис. 2. Соединение лампочек в форме куба:

а) схема эскизная, б) фото модели, в) схема эквивалентная.

Аналогичным образом, можно рассмотреть конструкцию, в которой лампочки располагаются в вершинах пространственных фигур. Представленная учебная модель создана на принципах трансформера. Рассмотрены варианты сложных соединений проводников, выполненных в виде пространственных фигур – пирамиды, куба. При помощи этой модели выполнено экспериментальное подтверждение результатов, полученных при расчетном анализе на основании законов Кирхгофа и Ома для участка цепи.

ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ В МЕДИЦИНІ

Національний технічний університет «ХПІ»

Ст. О.А. Крикун

Рук.: доц. О.В. Саввова, доц. В.К. Якуша

У сучасній медицині успішно проводяться операції по заміні ушкоджених органів та тканин штучними тканинами та матеріалами, що надає повноцінне життя тисячам пацієнтів.

Для імплантування та відновлення кісткової тканини застосовують штучні біоактивні матеріали. На відміну від біоінертних, біоактивні матеріали – стекла, ситали, кераміка, композити та покриття – не капсулюються, щільно прилягають до кісткової тканини та стимулюють остеогенез, тобто утворення кісткової тканини, яка або заміщує імплантат, або зростається з ним, утворюючи при цьому міцний перехідний шар. Такі матеріали синтезовані на основі силікатних систем, в яких домішки оксидів кальцію і фосфору забезпечують біоактивні властивості, а силікатна скляна або склокристалічна матриця – механічні.

Існують два види біосумісних скломатеріалів – резорбуючі та резистивні біостекла та біоситали. Резорбуючі скломатеріали застосовуються короткостроково, повністю розчиняються у фізіологічному середовищі та слугують лише матрицею для остеогенезу. Резистивні скломатеріали застосовуються при великих кісткових пошкодженнях, наприклад для зарощування ракових каверн або для протезування крупних суглобів. Розчинення резистивних біоматеріалів відбувається значно повільніше, що приводить до утворення на поверхні імплантату фосфатів кальцію і надалі нової кісткової тканини на формування якої потрібно значно більше часу, ніж на зарощування незначних пошкоджень. Розчинність склокристалічних матеріалів можливо регулювати шляхом зміни хімічного складу і структури. На розчинність і біоактивність скломатеріалів впливають процеси фазового розподілу (ліквіація, кристалізація), що визначають мікроструктуру стекол та ситалів і фазовий склад останніх. У роботі досліджено здатність склокристалічних матеріалів до кристалізації, визначено механізм ліквіації, структуру стекол та наявність кристалічної фази.

Недоліком біостекол є їх незначна механічна міцність – вони не можуть використовуватись в умовах значних динамічних навантажень. Одним із методів покращення механічних характеристик є кри-

сталізація стекол, тобто виготовлення біоситалів. Кристалізація необхідна не тільки для одержання міцного ендопротезу, але і для виділення кристалів гідроксипатиту, який забезпечує біоактивність матеріалів. Завдяки унікальній властивості зрощуватися із живою кістковою тканиною, утворюючи міцний біохімічний зв'язок біоактивні стекла та матеріали на їх основі визнаються найбільш перспективними серед численних неорганічних матеріалів, які використовуються для виготовлення кісткових імплантатів та ендопротезів в травматології, щелепо-лицьовій хірургії, стоматології та інших областях кісткового ендопротезування. В роботі використовувались стандартні методики дослідження біоматеріалів й їхніх властивостей – термогравиметричні, градієнтно-термічні, електронно – мікроскопічне дослідження, ІЧ – спектроскопія, рентгенофазовий аналіз. Досліджувались стекла, які можуть служити основою для отримання біоактивних стекол, ситалів та покриттів, які розрізнялись різним рівнем розчинності – резорбуючі та резистивні скломатеріали. Для виявлення здатності до кристалізації резорбуючих стекол було використано метод градієнтно-термічного аналізу.

Для встановлення особливостей кристалізації при термообробці резорбуючих кальційфосфатних стекол було вивчено вплив їх складу на інтенсивність фазоутворення з використанням диференційно-термічного аналізу.

Встановлено, що для досягнення біосумісності, яка забезпечується кристалізацією стекол заданого фазового складу, і реалізації високих експлуатаційних властивостей необхідною умовою є стехіометричне співвідношення в стеклах $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ для кристалізації гідроксипатита. Для виділення цієї сполуки необхідним є співвідношення $\text{Ca/P}=1,5-2$.

Досліджено вплив структури на ліквідаційні процеси та кристалізаційну здатність апатитових стекол як основи для одержання резистивних склокристалічних покриттів.

Для визначення механізму ліквідації дослідних стекол було використано електронно-мікроскопічні дослідження їх мікроструктури, які було проведено на електронному мікроскопі “Tesla” з вихідним збільшенням 2500 – 3000 разів. Структуру стекол визначали з використання ІЧ-спектроскопії за методом осаджених плівок в інтервалі коливань $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$ на Specord 80 M. Наявність кристалічної фази в дослідних стеклах було встановлено за допомогою рентгенофазового аналізу (РФА), який проводили на установці «ДРОН-3М».

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕЧЕЙ КОСВЕННОГО НАГРЕВА ДЛЯ ВАРКИ ЦВЕТНОГО СТЕКЛА

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. Д.В. Петров

Рук. доц. Т.И. Храмова

На сегодняшний день резкими и стремительными темпами развивается отрасль химической промышленности. Для совершенствования и ускорения процесса выработки и получения продукта в химической промышленности, различные аппараты подвергаются глубокой модернизации. Особенно более тщательного подхода требует стекловаренная промышленность, которая специализируется на производстве цветных оптических стёкол.

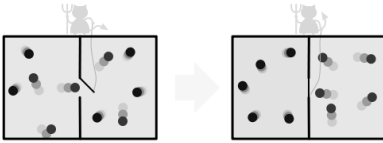
В связи с финансовыми трудностями, ростом конкуренции европейских промышленных комплексов и снижением использования цветных оптических стёкол заказы на них существенно уменьшились. При этом создавать такую продукцию всё же необходимо, пусть и в меньших размерах. Выходом из этой проблемы стало создание конструктивно новой стекловаренной печки, предназначенной для малых объёмов производства. Новая электрическая печка косвенного нагрева уменьшает объём варочного сосуда с 20 л до 8 л., что уменьшает размеры общей конструкции печи, добавляя ей ещё одно важное свойство – портативность. Основными конструктивными элементами печи являются следующие составляющие. Керамическая мешалка, для увеличения интенсивности процесса стеклообразования. Металлический каркас, внутри которого в качестве теплоизоляции выложен легковесный шамот; на легковесный шамот установлены керамические гребёнки, на которые, в свою очередь, устанавливается нагревательный элемент из фехраля. Он обеспечивает поднятие температуры до уровня 1200° С. Затраты электричества на нагрев составляют 12 кВт/ч. Особым элементом является тигель из молотого горного хрусталя, что улучшает определённые параметры тигля: увеличивает качество чистоты материала; уменьшает количество потечек во время варки; увеличивает передельность навариваемых стёкол до 5-7 переделов. В электрической печи косвенного нагрева возможно варить такие марки стёкол как СЗС и УФС, которые используются в светофильтрах лазерных дальномеров и приборах, которые проводят люминесцентный анализ.

«ДЕМОН МАКСВЕЛЛА»

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

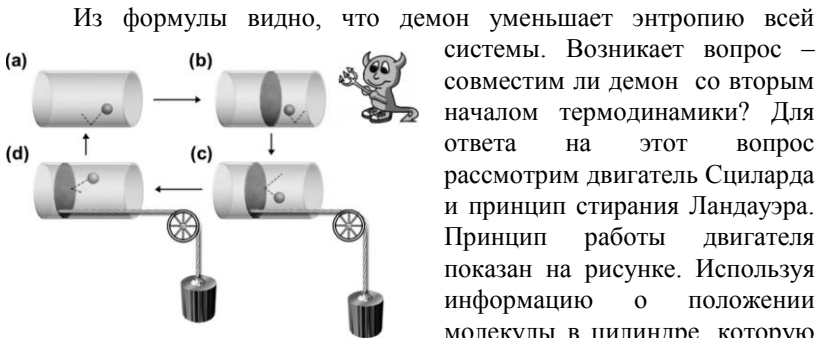
Ст. И.К. Мельников

Рук. вед. науч. сотр. каф. ФМП М.В. Москалец



Демона Максвелла [1] описывают как воображаемое существо, которое работает в роли двери. В результате пропускания быстрых атомов в одну часть объема, а медленных в другую, считается, что демон Максвелла производит перенос тепла без совершения какой-либо работы, тем самым нарушая Клаузиускую форму второго начала термодинамики. Клаузиус интерпретировал второе начало как: «В изолированной системе энтропия не уменьшается».

$$dS = \delta Q / T$$



предоставляет демон Максвелла, количество работы:

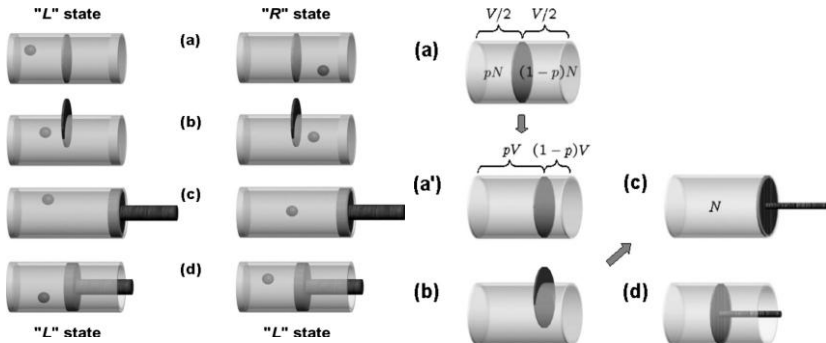
Из формулы видно, что демон уменьшает энтропию всей системы. Возникает вопрос – совместим ли демон со вторым началом термодинамики? Для ответа на этот вопрос рассмотрим двигатель Сциларда и принцип стирания Ландауэра. Принцип работы двигателя показан на рисунке. Используя информацию о положении молекулы в цилиндре, которую можно получить следующее

$$W = kT \int_{V/2}^V V^{-1} dV = kT \ln 2$$

Работа W совершается за счет тепла Q , взятого от термостата. При этом энтропия термостата будет сокращаться на величину равную $\Delta S = W/T$. Таким образом, мы видим, что информация является вполне физической, поскольку позволяет непосредственно преобразовывать тепло в работу. Согласно второму началу термодинамики, такой процесс не может длиться бесконечно долго. Поэтому демон Максвелла может быть совместим со вторым началом термодинамики только в том случае, если он функционирует (без совершения какой-либо работы) только ограниченное время. Для того, чтобы демон Максвелла мог функционировать длительное время, необходимо все-таки затратить работу: эта работа необходима для того, чтобы уничтожить информацию (о положении и скоростях молекул), которую накопил демон Максвелла, и тем самым позволить ему продолжать функционировать. Ответ на вопрос какую нужно выполнить работы, чтобы стереть информацию, дает принцип Ландауэра.

Теперь рассмотрим принцип стирания Ландауэра. Молекула в двигателе Сцилларда может быть найдена или левой, или в правой части (это информация) с равной вероятностью, т. е. $1/2$. Следовательно минимальный объем работы, которой необходимо инвестировать и рассеивать в окружающую среду, равен:

$$W_{\text{erasure}} = kT \ln 2.$$



Если вероятности нахождения молекулы в левой и правой части разные, то формула будет другая.

$$W_{\text{erasure}} = kT \ln 2H(p),$$

где $H(p)$ – двоичная энтропия Шеннона. Поскольку удаление перегородки в начале позволяет газу совершить нежелательные необратимые адиабатические расширения или сжатия, мы сначала разрешим газу в обеих частях расширяться или сжиматься изотермически, путем создания подвижной перегородки без трения (a) – (a'). При этом газ совершает работу W' , которая вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} W' &= \int_{V/2}^{pV} (p_L - p_R) dV_L = NkT \int_{V/2}^{pV} \left(\frac{p}{V_L} - \frac{1-p}{V-V_L} \right) dV_L = \\ &= NkT \ln 2 \cdot 1 - H(p). \end{aligned}$$

Работа, равная $NkT \ln 2$, должна быть потрачена для установки памяти в стандартное состояние (что происходит при удалении перегородки и последующем вдавливании ее до середины цилиндра). В целом мы затратим на молекулу такое количество работы:

$$W_{\text{erasure}} = kT \ln 2 - W' = kT \ln 2H(p).$$

Вывод: Демон Максвелла не противоречит второму началу термодинамики, поскольку уменьшение энтропии при работе демона Максвелла компенсируется увеличением энтропии при стирании информации в памяти демона. Такое стирание необходимо производить периодически для обеспечения непрерывной работы демона Максвелла.

Литература:

[1] K. Maruyama, F. Nori, V. Vedral. Colloquium: The physics of Maxwell's demon and information // Rev. Mod. Phys.- 2009.- V. 81, N 1.- P. 1–23.

БЛИЖНЕПОЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ (БОМ)

***Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»***

Ст.: И.А. Азаренко, М.А. Дегтярь

Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, доц. Е.Т. Лемешевская

После изобретения оптического микроскопа люди несколько столетий вглядывались в открывшийся перед ними удивительный мир: клетки, кристаллы, огромные молекулы. По мере усовершенствования оптики на свет выплывали все новые и новые подробности. Достигнув дифракционного предела для видимого света (примерно 1000-кратное увеличение), люди поняли, что самое интересное так и осталось за кадром: с помощью оптических устройств никогда не удастся увидеть атомы, имеющие размер порядка ангстрема ($\sim 10^{-10}$ м). А посмотреть на них очень хотелось. Вплотную подойти к заветной цели помог электронный микроскоп (длина волны электронов $\sim 10^{-12}$ м). В последнее время для получения более полной информации о нанобъектах, появилось множество новых методов исследования, сочетающих преимущества различных традиционных методик. К их числу относятся методы зондовой микроскопии. Если взять в качестве зонда миниатюрную диафрагму с отверстием в несколько нанометров, то в соответствии с законами квантовой механики, видимый свет (с длиной волны несколько сот нанометров) все же проникает в такое маленькое отверстие, но не далеко, а на расстояние, сопоставимое с размерами отверстия. И если в пределах этого расстояния, в так называемом «ближнем поле», поставить образец, отраженный от него свет даст заметный сигнал. Перемещая диафрагму в непосредственной близости от образца можно получить поточечное изображение поверхности. Такой метод называется ближнепольной оптической микроскопией (БОМ) и был изобретен сотрудником лаборатории IBM в Цюрихе Дитером Полем. Основной элемент любого ближнепольного микроскопа – оптический зонд. Конструкция зонда позволяет локализовать электромагнитное поле в области пространства с размерами меньше длины волны используемого излучения. Уникальность ближнепольного метода в том, что это настоящее оптическое изображение поверхности в видимом свете с нанометровым разрешением! Оптическая микроскопия ближнего поля позволяет преодолеть дифракционный предел классической оптической микроскопии.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. А.Ю. Ростова

Рук. доц. А.Н. Дроздов

Углерод – уникальный материал, он окружает нас повсюду. Наиболее распространенными и изученными являются 3 основных аллотропных формы углерода: алмаз, графит и карбин. Однако в последнее время было открыто несколько новых модификаций углерода, среди которых по своей структуре и свойствам заметно выделяются фуллерены, нанотрубки и нанопена. Перечисленные материалы особенно интересны и активно изучаются в наши дни, поэтому именно на них мы акцентируем внимание.



Рис. 1 – Молекула C_{60} .

Первый из рассматриваемых материалов – фуллерены. Под фуллеренами подразумевают целый класс объемных структур углерода с замкнутой поверхностью с четным, более 20, количеством атомов.

Центральное место среди фуллеренов занимает молекула C_{60} , которая представляет собой полый кластер в виде усеченного икосаэдра. Интерес к фуллеренам со стороны исследователей вызван наличием ряда привлекательных свойств: 1) Способность к сублимации при относительно невысоких температурах ($\approx 450^\circ\text{C}$), что существенно упрощает процессы перевода фуллерена в паровую фазу и таким образом позволяет использовать его в качестве прекурсора для формирования в вакууме пленочных покрытий на основе углеродных аллотропов; 2) Возможность внедрения других атомов и молекул как в межмолекулярные пустоты кристалла фуллерита (принятое название конденсированного состояния фуллерена), так и во внутреннюю полость каркаса C_{60} . При этом, легирование позволяет в широких пределах модифицировать свойства фуллерита (допирование фуллерита щелочными и щелочноземельными элементами приводит к появлению сверхпроводни-

мости). Широкий спектр структурных трансформаций фуллеритов под влиянием различного рода факторов (температура, давление, легирование, корпускулярно-волновое воздействие) открывают целое направление по созданию принципиально нового класса материалов на основе каркасных структур углерода: фуллеридов, металлофуллереновых клатратов, эндодральных и многослойных фуллере-нов, полимерных структур

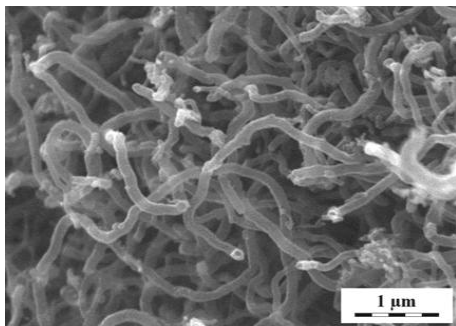


Рис. 2 – УНТ под микроскопом.

типа “peanut - shaped” и т.д. Фуллерены можно использовать для создания оптоэлектронных устройств, катализаторов роста алмазных пленок, а также как средство борьбы с онкологическими заболеваниями.

Второй материал – углеродная нанотрубка (в дальнейшем - УНТ). Бездефектную УНТ можно

представить себе как лист графита, свернутый в бесшовный цилиндр. В зависимости от угла сворачивания (хиральности) различают УНТ следующего вида:

- 1) типа “зигзаг”;
- 2) типа “кресло”;
- 3) хиральные.

Бывает, что одна трубка коаксиально вставлена внутрь другой трубки, как в матрешке. Такие УНТ называют многослойными, причем число слоев теоретически не ограничено, но, обычно, не превышает десятка или нескольких десятков слоев. От хиральности также зависят свойства нанотрубок: в зависимости от конкретной схемы сворачивания графитового листа, УНТ могут быть и проводниками, и полупроводниками, что открывает принципиальную возможность создания микро- и наноэлектронных устройств чисто на углеродной основе. Кроме того, весьма перспективными аспектами применения УНТ может быть создание нановесов, сверхпрочных нитей, гибких дисплеев и т.д.

Фуллерены и УНТ можно отнести к молекулярным формам углерода, формируются они при испарении графита различными спо-

собами и остывания паров углерода в атмосфере гелия. Именно наличие буферного газа и обуславливает образования структур на основе углерода.

Последний материал, который мы рассмотрим – это углеродная нанопена. Исследователи из Австралийского Национального Университета облучали углеродную мишень мощным лазером, выдающим 10 тыс. импульсов/сек. Углерод нагрелся до 10000°C. В результате, получился материал, представляющий собой мельчайшую сетку из нанотрубок – это и есть нанопена. Одно из ее необычных свойств – она притягивается к магнитам, хотя обычно углерод – немагнитный материал. Это свойство, наряду с хорошим поглощением ИК - лучей, открывает для нанопены интересные сферы применения в медицине. Например, введение микроскопического количества нанопены в кровоток позволит отслеживать течение крови в мельчайших капиллярах за счет магнитно – резонансной томографии.

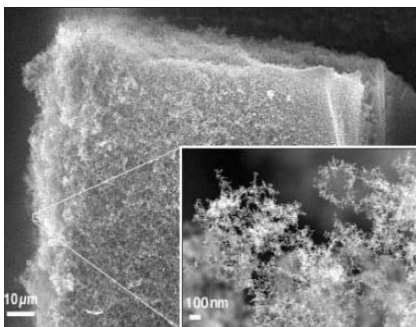


Рис. 3 – Углеродная нанопена под микроскопом.

В заключение можно сказать, что повышенный интерес к углероду со стороны исследователей весьма оправдан и обусловлен в основном следующими причинами:

- 1) углерод широко распространен на Земле и его относительно легко получить;
- 2) углерод может существовать в различных формах гибридизации, вследствие чего реализуется большое разнообразие структур углеродных материалов с резко отличающимися свойствами;
- 3) создание композитных структур на основе различных аллотропов углерода позволяет формировать новые искусственные материалы с необычным сочетанием свойств, которые могут представлять интерес для различных сфер науки, техники, медицины.

ПОЧЕМУ ЛЕТАЮТ САМОЛЁТЫ?

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. Е.А. Ильченко

Рук. доц. Л.Г. Петренко

Самолеты весят значительно больше вытесняемого ими воздуха. Что же их удерживает в небе? Оказывается, им помогает подъемная сила. Но она работает лишь в том случае, если самолет движется в воздухе с большой скоростью, а его крылья имеют особую форму.

Как возникает подъемная сила крыла? На этот вопрос помогает ответить закон, который установил в 1738 году швейцарский физик и математик Даниил Бернулли. Он провёл эксперименты, сделал расчёты и доказал, что в движущихся газах или жидкостях давление меньше, чем в неподвижных.

Предположим, что несжимаемая жидкость течет по горизонтальной (рис.1) трубе, площадь сечений которой в разных местах различна: S_1 , S_2 , S_3 , S_4 . За некоторый промежуток времени t через каждое из этих сечений должна пройти жидкость одного и того же объема.

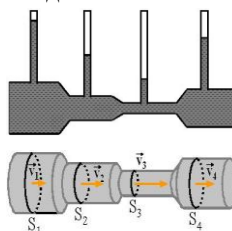


Рис.1.

Но как жидкость, протекающая через первое сечение может «успеть» за то же время протечь через значительно меньшее сечение S_2 ? Очевидно, что для этого при прохождении узких частей трубы скорость v_2 движения жидкости должна быть больше, чем скорость v_1 при прохождении широких.

В этом случае выполняется закон сохранения массы: если за время t через сечение трубы S_1 проходит жидкость массой $m_1 = \rho V_1 = \rho S_1 v_1 t$, то через сечение S_2 за тоже время проходит жидкость массой $m_2 = \rho V_2 = \rho S_2 v_2 t$. Так как $m_1 = m_2$, то $S_1 v_1 = S_2 v_2$ или $\frac{v_2}{v_1} = \frac{S_1}{S_2}$.

То есть, там, где сечение трубы меньше, там скорость жидкости больше: $S_2 < S_1$, то $v_2 > v_1$.

Так как при переходе жидкости из широкого участка в узкий скорость течения увеличивается, то это значит, что где-то на границе между узким и широким участком трубы жидкость получает ускорение. А по второму закону Ньютона для этого на этой границе должна действовать сила. Этой силой может быть только разность между си-

лами давления в широком и узком участках трубы. В широком участке трубы давление должно быть больше, чем в узком. Этот вывод следует из закона сохранения энергии. Если в узких местах трубы увеличивается скорость жидкости, то увеличивается и ее кинетическая энергия. Прирост кинетической энергии горизонтально расположенной трубы должен компенсироваться уменьшением потенциальной энергии, связанной с силой упругости сжатой жидкости, то есть с силой давления жидкости. В широкой части трубы жидкость сжата сильнее, чем в узкой (не настолько сжата, чтобы заметно изменился ее объем). Поскольку сила давления и давление связаны соотношением: $F_{д1} = P_1 S_1$ и $F_{д2} = P_2 S_2$, то из закона сохранения энергии следует уравнение

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho v_2^2}{2} - \frac{\rho v_1^2}{2}, \text{ которое и выражает закон Бернулли: } P + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}.$$

Во время движения воздух проходит над и под крыльями самолета. Благодаря специальной форме крыла воздух обтекает его таким образом, что, проходя над крылом самолета, он разрежается, а под крылом - сжимается. Опыт показывает, что, когда крыло помещено в поток воздуха, вблизи острой задней кромки крыла возникают вихри, вращающиеся в случае, изображенном на рис.2, против часовой стрелки. Вихри эти растут, отрываются от крыла и уносятся потоком.

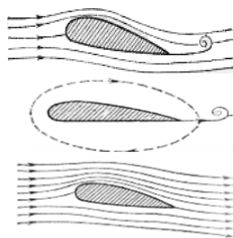


Рис.2.

Остальная масса воздуха вблизи крыла совершает противоположное вращение (по часовой стрелке), образуя циркуляцию около крыла. Накладываясь на общий поток, циркуляция обуславливает распределение линий тока, изображенное на рис.2. Вихрь унесен потоком, а линии тока плавно обтекают профиль; они сгущены над крылом и разрежены под крылом, снизу «приподнимают» крылья, и так создается подъемная сила.

Воздушный винт самолета, вращаемый двигателем, сообщает самолету такую скорость, что подъемная сила крыла достигает веса самолета и даже превосходит его. Тогда самолет взлетает.

При равномерном прямолинейном полете сумма всех сил, действующих на самолет, равна нулю: сила тяги двигателя равна по модулю и противоположна по направлению силе лобового сопротивления воздуха, а сила тяжести равна по модулю и противоположна по направлению подъемной силе. Теперь понятно, как летает самолет.

[1] Савельев И.В. Курс физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика. М.: Наука, 1989, 352с.;

[2] Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003, 842с.;

[3] Стасенко А.Л. Почему летает самолёт, или о потоках массы и импульса, «Потенциал», № 8, 2005.

ЧЕЛЯБИНСКИЙ МЕТЕОРИТ

*Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"*

Ст. О.О. Семкина

Рук.: доц. В.К. Якуша, ст. пр. Е.Б. Алмазова

К 2013-му году человечество предприняло ряд попыток раздобыть образцы внеземного вещества. В основном они доставлены с Луны американскими и советскими экспедициями. Помимо этого удалось добыть образцы вещества кометы Вильда 2, астероида Итокава и солнечного ветра. Эти попытки были очень дорогостоящими и рискованными, в большинстве случаев количество доставленного вещества исчислялось долями миллиграмма. Между тем, на Землю постоянно падают метеориты, которые иногда называют межпланетными зондами для бедных: не нужно куда-то лететь и снаряжать опасные экспедиции, нужно только ходить и собирать.

Метеориты известны с незапамятных времен, но только совсем недавно было признано их внеземное происхождение. Это произошло в XIX в., и с тех пор они стали очень важным инструментом для исследования различных тел и эволюции Солнечной системы. Известна история о том, что французская Академия наук запретила исследовать метеориты и называть их камнями с неба, т. к. «с неба камни падать не могут». Считали, что это следствия извержений вулканов или просто мифы. Многие коллекции метеоритов были выброшены, поскольку «это всё томление духа». Такой печальный эпизод в истории был, однако в начале XIX в. падения метеоритов стали хорошо документироваться, и все сомнения в их внеземном происхождении отпали.

Предполагается, что те метеориты, которые мы находим на Земле, происходят из пояса астероидов. Когда в нём происходят столкновения, крупные тела разрушаются, их фрагменты постепенно мигрируют в центральную часть Солнечной системы и падают на Землю, на Луну, вероятно, на Венеру и Меркурий. Несколько метеоритов имеют лунное происхождение. Предполагают, что часть метеоритов происходит с Марса, чему есть определенные доказательства. Нет ни одного метеорита, химический состав и структура которого заподозрили бы его межзвездное происхождение.

Метеориты распадаются на несколько классов, и для многих из них по спектральному сходству удается определить либо родительские астероиды, либо близкие по химическим свойствам.

К сожалению, падение метеоритов иногда сопровождается неприятными эффектами, так как они входят в земную атмосферу с очень высокой скоростью, обладают огромной кинетической энергией, выделяющейся в той или иной форме при прохождении метеорита через атмосферу. До сих пор это происходило без какого-либо ущерба для людей. Известны случаи, когда метеорит падал на машину, убивал чью-то корову - это были эпизоды, не меняющие общую картину. Единственным разрушительным явлением такого рода до недавнего времени оставался взрыв Тунгусского метеорита, который произошел в июне 1908 года. Однако он тоже нанёс минимально возможный ущерб, так как произошёл в безлюдной местности. Хотя разрушения, причиненные им, были достаточно велики, они практически не привели к потерям среди людей. Имеются отдельные рассказы о том, что, какие-то местные жители всё же погибли при этом событии.

Всё изменилось 15 февраля 2013 года, когда в небе над Челябинском взорвался достаточно большой метеорит и ударная волна повлекла заметные разрушения и стала причиной ранений более тысячи людей. Событие это произошло в 9:23 по местному времени, и благодаря тому, что на очень многих автомобилях установлены видеорегистраторы, накоплен гигантский видеоматериал о том, как это происходило. Поэтому сейчас есть возможность оценить и энергетику, и характер прохождения метеорита через атмосферу.

По всей видимости, это было достаточно небольшое тело поперечником от 10 до 20 метров, которое вошло в атмосферу со скоростью около 20 км/с. В процессе прохождения через атмосферу оно практически полностью разрушилось, и никакие крупные фрагменты на Землю не упали, хотя, местность оказалась обильно усыпана мелкими фрагментами, часть из которых попала к ученым. Химический состав этих фрагментов был проанализирован в Уральском федеральном университете. Выяснилось, что Челябинский метеорит оказался представителем наиболее часто встречающегося класса метеоритов – хондритов. Они каменистые, с небольшим количеством металлов. Метеориты этого класса, предполагается, являются образцами наиболее древнего вещества в Солнечной системе, остатками того строительного материала, из которого образовались планеты.

При вхождении метеорита в атмосферу со сверхзвуковой скоростью с ним происходит ряд сложных процессов, характер которых за-

висит от траектории метеорита, от его химического состава и от его структуры. Главным фактором на первом этапе вхождения метеорита в атмосферу является аэродинамическое давление, которое его разрушает. Если метеорит обладает не очень высокой механической прочностью, то в процессе продвижения через атмосферу он распадается на большое количество обломков, в результате чего площадь соприкосновения метеоритного вещества с атмосферой возрастает, а вместе с ней растёт и нагрев. В результате происходит очень быстрое выделение большого количества энергии, которое наблюдается как очень яркая вспышка. Такая вспышка наблюдалась в Челябинске, и очевидцы отмечают, что они чувствовали жар. Также может образоваться мощная ударная волна.

После того, как упал метеорит, первый вопрос, который задавали люди: почему не было сделано предупреждение, не сработали системы оповещения. По земным масштабам, тело размером в 20 метров может показаться большим камнем, но с астрономической точки зрения, это очень небольшой фрагмент, который сложно поддается наблюдению. Кроме того, метеорит, упавший в Челябинске, заходил со стороны Солнца, что еще более затруднило его обнаружение. Даже при наличии специализированной системы наблюдения за околоземным пространством заметить приближение этого тела было бы очень сложно.

Тем не менее, в истории есть по крайней мере один пример, когда тело меньшего размера было замечено за сутки до его падения. Это произошло в октябре 2008 г., когда один из обзорных телескопов, работающий по программе обнаружения околоземных астероидов в США, зафиксировал объект, приближающийся к Земле. Диаметр его был оценен примерно в пять метров, оперативно, за несколько часов была определена его орбита, рассчитано примерное место и время падения. Оказалось, что всё это было сделано правильно, метеорит действительно упал в Судане, там и тогда, когда это было предсказано.

Таким образом, в принципе задача обнаружения подобных тел разрешима, но для того, чтобы это можно было делать уверенно, необходима специализированная сеть исследовательских телескопов.

Общее количество тел, подобных Челябинскому метеориту, в окрестностях Земли достаточно велико. В 2009 году на орбите работал специализированный американский инфракрасный телескоп «WISE», в задачи которого входила и оценка численности опасных астероидов в окрестностях Земли. Благодаря наблюдениям на нём мы теперь можем оценить, насколько богато околоземное пространство такими телами. Количество астероидов, размеры которых превышают километр, со-

ставляет около тысячи, практически все они нам теперь известны. Хуже обстоит дело с астероидами в диапазоне размеров от ста метров до одного километра. Их численность оценивается примерно в двадцать тысяч, известно их порядка 10 процентов. Сейчас перед американскими астрономами поставлена задача обнаружения 90% астероидов размером больше примерно ста сорока метров.

Опасность продолжают представлять астероиды меньшего размера. Их гораздо сложнее контролировать, неизвестной остается их численность, хотя она существенно превышает численность крупных тел. Счет может идти на сотни тысяч и миллионы, а известно нам малых астероидов пока очень немного. Поэтому остаётся делом будущего их обнаружение, тем более вопрос, что с ними делать потом. Эти проблемы предстоит решить либо нам, либо, возможно, даже нашим потомкам, поскольку эта задача очень непростая.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ И ИХ СВОЙСТВА

*Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"*
Ст.: С.А. Послович, Т.Ю. Семенцова
Рук. ст. пр. Е.Б. Алмазова

Термин "черная дыра" был предложен Дж. Уилером в 1967 году, однако первые предсказания существования тел столь массивных, что даже свет не может их покинуть, датируются XVIII веком и принадлежат Дж. Митчеллу и П. Лапласу. Их расчеты основывались на теории тяготения Ньютона и корпускулярной природе света. В современном варианте эта задача выглядит так: каковы должны быть радиус R_s и масса M звезды, чтобы ее вторая космическая скорость (минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу на поверхности звезды, чтобы оно вышло из сферы ее гравитационного действия) равнялась скорости света c ? Применяя закон сохранения энергии, получаем величину $R_s = 2GM/c^2$, которая известна как радиус Шварцшильда, или радиус сферической черной дыры (G - гравитационная постоянная). Границу области черной дыры, за которую не выходит свет, называют «горизонтом событий». Несмотря на то что теория Ньютона заведомо неприменима к реальным черным дырам, эта формула сама по себе

верна, что и подтвердил немецкий астроном К. Шварцшильд в рамках общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна, созданной в 1915 году. В этой теории формула определяет, до какого размера должно сжаться тело, чтобы получилась черная дыра. Если для тела радиуса R и массы M выполняется неравенство $R/M > 2G/c^2$, то тело гравитационно устойчиво, в противном случае оно коллапсирует (схлопывается) в черную дыру. Последовательная и непротиворечивая теория черных дыр, или коллапсаров, невозможна без учета искривляемости пространства-времени.

Неудивительно, что они естественным образом появляются как частные решения уравнений ОТО. Согласно им, черная дыра - это объект, искривляющий пространство-время в своей окрестности настолько, что никакой сигнал не может быть передан с ее поверхности или изнутри даже по световому лучу. Иными словами, поверхность черной дыры служит границей пространства-времени, доступного нашим наблюдениям. До начала 70-х годов это было утверждением, к которому невозможно добавить что-либо существенное: черные дыры казались загадочными объектами Вселенной, внутренняя структура которых непостижима в принципе.

Вот основные свойства черных дыр:

1) Вблизи черной дыры время течет медленнее, чем вдали от нее. Если удаленный наблюдатель бросит в сторону черной дыры зажженный фонарь, то увидит, как фонарь будет падать все быстрее и быстрее, но затем, приближаясь к поверхности Шварцшильда, начнет замедляться, а его свет будет тускнеть и краснеть. С точки зрения далекого наблюдателя фонарь практически остановится и станет невидим, так и не сумев пересечь поверхность черной дыры. Но если бы наблюдатель сам прыгнул туда вместе с фонарем, то он за короткое время пересек бы поверхность Шварцшильда и упал к центру черной дыры, будучи при этом разорван ее мощными приливными гравитационными силами, возникающими из-за разницы притяжения на разных расстояниях от центра.

2) Каким бы сложным ни было исходное тело, после его сжатия в черную дыру внешний наблюдатель может определить только три его параметра: полную массу, момент импульса (связанный с вращением) и электрический заряд. Все остальные особенности тела (форма, распределение плотности, химический состав и т.д.) в ходе коллапса «стираются». То, что для стороннего наблюдателя структура черной дыры выглядит чрезвычайно простой, Джон Уилер выразил шутливым утверждением: «Черная дыра не имеет волос».

3) Если исходное тело вращалось, то вокруг черной дыры сохраняется «вихревое» гравитационное поле, увлекающее все соседние тела во вращательное движение вокруг нее. Поле тяготения вращающейся черной дыры называют полем Керра. Этот эффект характерен не только для черной дыры, но для любого вращающегося тела. По этой причине размещенный на искусственном спутнике Земли свободно вращающийся гироскоп испытывает медленную прецессию относительно далеких звезд. Вблизи Земли этот эффект едва заметен, но вблизи черной дыры он выражен гораздо сильнее: по скорости прецессии гироскопа можно измерить момент импульса черной дыры, хотя сама она не видна.

4) Все вещество внутри горизонта событий черной дыры непременно падает к ее центру и образует сингулярность с бесконечно большой плотностью. Английский физик Стивен Хоукинг определяет сингулярность как «место, где разрушается классическая концепция пространства и времени так же, как и все известные законы физики, поскольку все они формулируются на основе классического пространства-времени».

5) Кроме этого С.Хоукинг открыл возможность очень медленного самопроизвольного квантового «испарения» черных дыр. В 1974 он доказал, что черные дыры (не только вращающиеся, но любые) могут испускать вещество и излучение, однако заметно это будет лишь в том случае, если масса самой дыры относительно невелика. Мощное гравитационное поле вблизи черной дыры должно рождать пары частица-античастица. Одна из частиц каждой пары поглощается дырой, а вторая испускается наружу. Например, черная дыра с массой 10^{12} кг должна вести себя как тело с температурой 10^{11} К, излучающее очень жесткие гамма-кванты и частицы. Идея об «испарении» черных дыр полностью противоречит классическому представлению о них как о телах, не способных излучать.

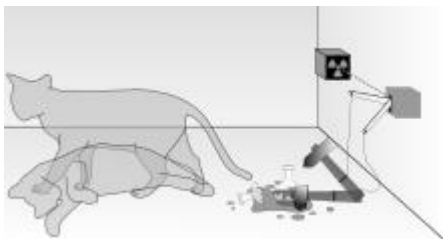
Расчеты в рамках ОТО указывают лишь на возможность существования черных дыр, но отнюдь не доказывают их наличия в реальном мире, открытие черной дыры стало бы важным шагом в развитии физики. Поиск изолированных черных дыр в космосе невероятно труден: требуется заметить маленький темный объект на фоне космической черноты. Но есть надежда обнаружить черную дыру по ее взаимодействию с окружающими астрономическими телами, по ее характерному влиянию на них.

ДЕМОНЫ ФИЗИКИ: КОТ ШРЕДИНГЕРА

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д. Нестеренко
Рук.. доц. С.Д. Гапоченко*

Кот Шрёдингера — объект [мысленного эксперимента](#), предложенного одним из создателей квантовой механики австрийским физиком [Эрвином Шрёдингером](#), которым он хотел показать неполноту [квантовой механики](#) при переходе от субатомных систем к макроскопическим.



Суть эксперимента

В закрытый ящик помещён [кот](#). В ящике имеется механизм, содержащий [радиоактивное ядро](#) и ёмкость с ядовитым [газом](#). Параметры эксперимента подобраны так, что [вероятность](#) того, что ядро [распадётся](#) за 1 час, составляет 50 %. Если ядро распадается, оно приводит механизм в действие, он открывает ёмкость с газом, и кот умирает. Согласно квантовой механике, если над ядром не производится наблюдения, то его состояние описывается [суперпозицией](#) (смешением) двух состояний — распавшегося ядра и нераспавшегося ядра, следовательно, кот, сидящий в ящике, и жив, и мёртв одновременно. Если же ящик открыть, то экспериментатор может увидеть только какое-нибудь одно конкретное состояние — «ядро распалось, кот мёртв» или «ядро не распалось, кот жив».

Вопрос заключается в следующем: *когда система перестаёт существовать как смешение двух состояний и выбирает одно конкретное?* Цель эксперимента — показать, что квантовая механика неполна без некоторых правил, которые указывают, при каких условиях происходит [коллапс волновой функции](#), и кот либо становится мёртвым, либо остаётся живым, но перестаёт быть смешением того и другого.

Поскольку ясно, что кот обязательно должен быть либо живым, либо мёртвым (не существует состояния, промежуточного между

жизнью и смертью), то означает, что это верно и для атомного ядра. Оно обязательно будет либо распавшимся, либо нераспавшимся.

Оригинальная статья вышла в немецком журнале *Naturwissenschaften* («Естественные науки») в [1935 году](#). Целью статьи было обсуждение [ЭПР парадокса](#), опубликованного [Эйнштейном](#), [Подольским](#) и [Розеном](#) ранее в том же году. Статьи ЭПР и Шредингера обозначили странную природу [«квантовой запутанности»](#) (введенный Шредингером термин), характерной для квантовых состояний, являющихся суперпозицией состояний двух систем (например, двух субатомных частиц).

Копенгагенская интерпретация

В [копенгагенской интерпретации](#) система перестаёт быть смешением состояний и выбирает одно из них в тот момент, когда происходит [наблюдение](#). Эксперимент с котом показывает, что в этой интерпретации природа этого самого наблюдения — [измерения](#) — определена недостаточно. Некоторые полагают, что опыт говорит о том, что до тех пор, пока ящик закрыт, система находится в обоих состояниях одновременно, в суперпозиции состояний «распавшееся ядро, мёртвый кот» и «нераспавшееся ядро, живой кот», а когда ящик открывают, то только тогда происходит [коллапс волновой функции](#) до одного из вариантов. Другие догадываются, что «наблюдение» происходит, когда частица из ядра попадает в детектор; однако (и это ключевой момент мысленного эксперимента), в копенгагенской интерпретации нет чёткого правила, которое говорит, когда это происходит, и потому эта интерпретация неполна до тех пор, пока такое правило в неё не введено или не сказано, как его можно ввести. Точное правило таково: случайность появляется в том месте, где в первый раз используется классическое приближение.

Таким образом, мы можем опираться на следующий подход: в макроскопических системах мы не наблюдаем квантовых явлений (кроме явления [сверхтекучести](#) и [сверхпроводимости](#)); поэтому, если мы накладываем макроскопическую волновую функцию на квантовое состояние, мы из опыта должны заключить, что суперпозиция разрушается. И хотя не совсем ясно, что значит, что нечто является «макроскопическим» вообще, про кота точно известно, что он является макроскопическим объектом. Таким образом, копенгагенская интерпретация *не считает*, что до открытия ящика кот находится в состоянии смешения живого и мёртвого.

DRM – НОВЫЙ СТАНДАРТ ЦИФРОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ

*Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. Б.Р. Бравичев
Рук. проф. Ю.И. Подъячий*

Сегодня в мире аналоговые технологии повсеместно заменяются цифровыми. Такая тенденция существует и в радиовещании. Это объясняется тем, что аналоговое радио уже не обеспечивает требуемого качества приема. Анализ показывает, что большинство слушателей предпочитает диапазон УКВ диапазонам длинных, средних и коротких волн. Причиной этого является значительно более высокое качество воспроизведения звука в диапазоне метровых волн.

Если по качеству звучания диапазоны коротких волн уступают УКВ, то по дальности распространения радиоволн ситуация прямо противоположная. УКВ ЧМ приемник отлично воспроизводит сигналы на расстояниях до 30 км от передатчика, но на больших расстояниях качественный прием становится невозможным. На коротких волнах можно слушать радиостанции, находящиеся более чем за 2000 км от места приема. Это объясняется распространением таких волн в канале Земля-ионосфера.

Для разрешения этого противоречия был разработан стандарт цифрового радиовещания DRM (Digital Radio Mondiale). Особенность его заключается в том, что передача ведется на частотах до 30 МГц, а качество воспроизведения соответствует уровню звучания MP3 плеера.

К достоинствам формата можно отнести следующее: * передача сигнала не требует выделения новых диапазонов частот, а использует имеющиеся; * при переходе на цифровое вещание используется большая часть уже имеющейся радиопередающей аппаратуры, которая требует незначительной модернизации; * пониженное энергопотребление по сравнению с аналоговыми передающими станциями (около 50%); * за счет дальнего распространения вещание охватывает большие территории; * отсутствие неуверенного приема (прием передач либо идеален, либо его нет вообще).

Основным недостатком стандарта DRM следует считать относительную сложность приемной аппаратуры. В данный момент это связано с отсутствием специализированной элементной базы, позво-

ляющей организовать выпуск радиоприемников по низкой цене. Но уже отдельные экземпляры процессоров для обработки сигнала DRM проходят испытания.

Технология передачи сигнала DRM основывается на том, что последовательный поток цифровых данных преобразуется в параллельный и передается в эфир на многих несущих частотах. (Сигнал с амплитудной модуляцией (АМ) передается только на одной несущей частоте). Число таких несущих частот может достигать 200. Эта технология получила название OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов).

Способ формирования сигнала OFDM показан на рис. 1.

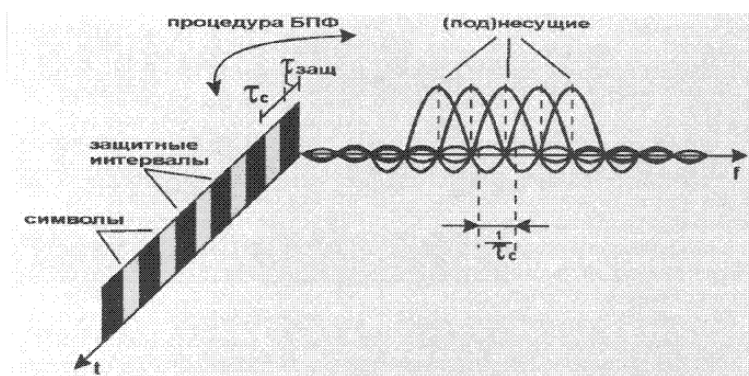


Рисунок 1. Способ формирования OFDM-сигнала

Параллельный поток данных распределяется в пространстве частота-время. Как видно из рисунка, каждая несущая частота представляет собой узкополосный АМ сигнал. Для защиты от помех на оси времени предусматриваются интервал $\tau_{\text{защ}}$, которые определяют моменты времени появления сигнала.

Следует обратить внимание, что ширина спектра сигнала DRM такая же, как и ширина спектра АМ сигнала, то есть $9 \div 10$ кГц.

В стандарте DRM используется современный алгоритм кодирования MPEG 4 AAC+SBR, позволяющий кодировать аналоговый сигнал в цифровой формат, и после передачи снова возвращать его в аналоговый вид. Подобное кодирование позволяет передавать поток данных с частотой 15 кГц в ВЧ-канале с полосой пропускания 9 или 10 кГц и качеством, близким к качеству FM-звучания. Скорость цифрового потока в данном случае может не превышать 24 кбит/с с пере-

дачей звука в режиме стерео. Дополнительно существует и более экономный низкоскоростной (3-11 кбит/с) алгоритм кодирования, предназначенный для передачи речи в режиме моно. Он идеально подходит для информационного радиовещания (передача сводок новостей, погоды, ситуации на дорогах и различных объявлений).

Структурная схема супергетеродинного «цифрового» приемника приведена на рис. 2. Как видно, часть каскадов позаимствована у радиоприемников с амплитудной модуляцией. Сигнал с антенны поступает в АМ радиоканал, содержащий в себе усилитель высокой частоты, первый гетеродин и преобразователь частоты. С выхода радиоканала сигнал на первой промежуточной частотой 455 кГц поступает во второй смеситель. Второй гетеродин стабилизирован кварцевым резонатором и имеет частоту на 12 кГц больше или меньше первой промежуточной. Вторая промежуточная частота равна 12 кГц. Далее сигнал преобразуется аналого-цифровым преобразователем и обрабатывается процессором, осуществляющим декодирование и разделение потоков данных. Поток служебной информации поступает на дисплей, а поток данных со звуковой информацией преобразуется снова в аналоговую форму, усиливается и воспроизводится. Наличие двойного преобразования частоты позволяет дополнительно ослабить боковые каналы приема.

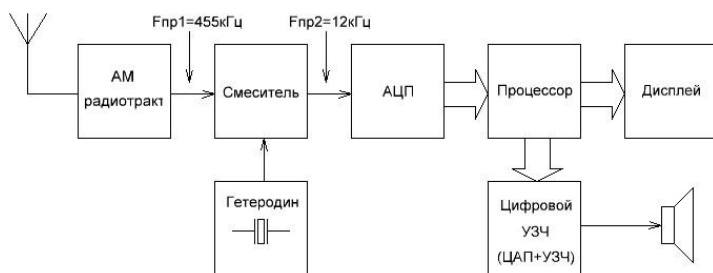


Рисунок 2. Структурная схема радиоприемника DRM сигнала

Таким образом, преимущества нового формата цифрового вещания перед аналоговыми системами, использующими частотную модуляцию, очевидны. Сегодня экспериментальные трансляции в формате DRM проводят более 40 радиостанций в 21 стране. К сожалению, массовой поддержки среди населения вещание еще не получило из-за отсутствия доступных радиоприемников. Ведется активная работа по решению этой проблемы, и в скором времени мы сможем оценить все достоинства цифрового радио.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

*Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"*

Ст. А.А. Стебливец

Рук. проф. Ю.И. Подъячий

Разработка и строительство электростанций, использующих энергию солнца, в настоящее время приобретает все большую актуальность. В мире уже давно задумываются об использовании альтернативных источников энергии, и использование энергии солнца, в этом смысле, является одним из самых перспективных направлений развития энергетики будущего.

За год Солнце излучает в космос энергию $1,2 \cdot 10^{34}$ Дж = $3,4 \cdot 10^{18}$ тераватт-часов. На Землю попадает примерно 2 миллиардных доли этой энергии, из которых ~37% (альбеда Земли) сразу отражается обратно в космос. Земля поглощает около 1 миллиарда тераватт-часов солнечной энергии в год. (Для сравнения: мировое производство электроэнергии составляет около 20 тысяч тераватт-часов в год, то есть, 0,002% солнечной энергии). Подавляющая же часть ее, более 99%, не используются вовсе. К примеру, растения потребляют лишь сотые доли процента поступающей солнечной энергии. А при сжигании всех запасов топлива на земле, в том числе нефти, газа и угля, мы можем получить тепла в тысячи раз меньше, чем ежегодно дарит нам Солнце. Именно поэтому в последние годы развитие гелиоэнергетики идет постоянно нарастающими темпами.

В настоящее время разрабатывается несколько типов электростанций, использующих энергию солнечного излучения. Основных два – гелиостанции и электростанции на солнечных батареях.

Принципы работы гелиостанций чрезвычайно разнообразны. Сейчас реализуются два проекта, которые, в случае успеха, могут существенно повлиять на будущее земной энергетики.

Самая большая в мире гелиостанция строится в Австралии. Ее проектная мощность составляет 200 МВт. Это поистине устрашающее строение, сравнимое с Вавилонской башней по своим масштабам. В центре располагается железобетонная вертикальная тяговая труба высотой 1000 м, в которой устанавливается турбина. Вокруг трубы устроен гелиоколлектор – обычная теплица диаметром 7 км и площадью 4000 га. Светопроницаемая поверхность коллектора установлена наклонно на

опорах. Высота опор изменяется от 2 м на периферии до 20 м в центре. Воздух, нагреваемый солнечными лучами до 30°C, внутри этой теплицы движется от периферии к центру. Из-за разницы температур в трубе возникает тяга: нагретый воздух поднимается вверх со скоростью 10 м/с и вращает установленную в трубе турбину. Турбина передает механическую энергию на генератор, который непосредственно и вырабатывает электричество.

Проект, использующий иную технологию, осуществляется в пустынях Северной Африки. Для получения перегретого пара, который используется для вращения турбин, применяются так называемые параболические концентраторы. Зеркало концентратора в сечении представляет собой сегмент параболы шириной 6-7,5 м, ориентированное на юг. Степень концентрации излучения составляет 1000:1

В линии фокуса параболы находится трубка-коллектор с жидким теплоносителем (дистиллированная вода, масло или солевой расплав). Под воздействием отраженных лучей коллектор нагревается до 350-700°C, а теплоноситель «смывает» тепловую энергию с его стенок на теплообменник ТЭС или в тепловой аккумулятор (ТА). При этом давление в коллекторе составляет 18-20 атм.

Именно тепловые аккумуляторы создают основное преимущество рассматриваемой системы перед фотоэлектрическими станциями. Последние могут запасать энергию только в литий-ионных батареях, но при этом ее стоимость становится совершенно неприемлемой.

Классический ТА имеет двухкамерную конструкцию и использует в качестве теплоносителя солевой расплав – смесь 60% натриевой и 40% калийной селитры. Это вещество идеально для рабочих температур от 200 до 580°C. Оно работает при меньшем давлении, чем водяной пар и не разлагается при температурах выше 400°C, как органические масла. Теплоноситель поддерживается в жидком состоянии в «холодной» камере с помощью газовых горелок (288°C). В ясную погоду расплав прокачивается через солнечные концентраторы и набирает рабочую температуру (565°C), после чего попадает в «горячую» камеру-термос. Камера так хорошо изолирована, что температура расплава может поддерживаться на этом уровне в течение недели. Ночью, при плотной облачности или при пиковых нагрузках в сети расплав из «горячей» камеры разряжается на теплообменниках ТЭС и генерирует перегретый пар. После этого в контуре водяного или воздушного охлаждения отработанный расплав сбрасывает остаточную теплоту и сливается в «холодную» камеру.

Проект предусматривает строительство до 2050 года 36 комплексов по концентрации солнечной энергии суммарной площадью 14500 км², расположенных в Сахаре, Ливийской, Нубийской и Аравийской пустынях. При этом около 50% энергии останется на местном рынке, а остальная энергия через подводные высоковольтные линии постоянного тока будет экспортироваться в Европу, что обеспечит примерно 15% ее потребления. Стоимость электроэнергии ориентировочно составит 5 евроцентов за 1 кВт-час. Сегодня 1 кВт-час в Европе стоит в среднем 20 евроцентов.

Фотополупроводниковая технология прямого преобразования солнечного излучения в электроэнергию (солнечные батареи) в настоящее время является ведущей в гелиоэнергетике. По экспертным оценкам на начало 2013 года их установленная мощность оценивается в 90 гигаватт и продолжает расти.

Физической основой работы солнечных батарей является внутренний фотоэффект в кремниевых полупроводниках. Падающее на электронно-дырочный переход излучение оптического и квазиоптического диапазонов вызывает разделение зарядов полупроводника и, как следствие, образование разности потенциалов на его зажимах. Последовательное соединение стандартных фотоэлектрических ячеек размером 15 на 15 см позволяет получить необходимое напряжение, а параллельное – необходимый ток.

В Украине в Крыму (пос. Перово) построена крупнейшая фотоэлектрическая электростанция в Европе. Она состоит из 440 000 поликристаллических солнечных фотоэлектрических модулей, соединенных 1500 км кабеля, и установленных на 200 га площади. Установка будет производить 132,5 МВт-часов чистой электроэнергии в год, что достаточно для удовлетворения ее плановой пиковой потребностей Симферополя с населением 336 тыс. человек.

В заключение следует предупредить от излишнего оптимизма по поводу альтернативной электроэнергетики вообще и солнечной – в частности. Так по данным статистического агентства Евросоюза (Eurostat) и Международного энергетического агентства (Electricity) доля электрической энергии, получаемой от возобновляемых ресурсов и сжигания мусора, составляет 3,2% общемирового потребления. При этом доля солнечной энергетики составляет всего 0,36%. Но бурный экспоненциальный рост суммарной мощности гелиоэлектрических станций за последнее десятилетие позволяет надеяться на быстрое увеличение этой цифры.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: Д.С. Перегудов, С.В. Федоренко

Рук. доц. Т.Н. Шелест, ст. пр. С.С. Кривонос

Одними из самых загадочных объектов во вселенной являются черные дыры. Черная дыра – область пространства, в которой гравитационное притяжение настолько сильно, что ни вещество, ни излучение не могут эту область покинуть. Из черной дыры ничто не может вылететь. Границу области, за которую не выходит свет, называют "горизонтом событий", или просто "горизонтом" черной дыры.

Черная дыра - космический объект, который образуется при неограниченном гравитационном сжатии (гравитационном коллапсе) массивных космических тел. Существование этих объектов предсказывает общая теория относительности. Сам термин "черная дыра" введен в науку американским физиком Джоном Уилером в 1968 г. для обозначения сколлапсировавшей звезды.

Внутри черной дыры удивительным образом меняются свойства пространства и времени, закручивающихся в своеобразную воронку, а в глубине находится граница, за которой время и пространство распадаются на кванты. Внутри черной дыры, за краем этой своеобразной гравитационной бездны, откуда нет выхода, текут удивительные физические процессы, проявляются новые законы природы.

Звезда, исчерпавшая свое ядерное горючее, возможно, сразу и не образует черной дыры в результате прямого релятивистского коллапса. Если звезда невелика (меньше одной массы Солнца), коллапс растягивается на миллионы лет, но для массивных звезд он происходит практически мгновенно. Ядро звезды начинает стремительно сжиматься, и меньше чем за тысячную долю секунды звезда превращается в черную дыру. Вскоре после начала сжатия происходит всплеск рентгеновского и гамма-излучения. Коллапс продолжается, и фотонам становится все труднее противостоять растущему притяжению. Фотоны, которые покидают поверхность под углом, имеют искривленную траекторию (как следует из общей теории относительности). Те же, которые улетают по траекториям, параллельным поверхности, остаются на орбите вокруг звезды, и через долю секунды не один фотон уже не может вырваться – звезда прошла то, что называется горизонтом событий. Мы уже не мо-

жем непосредственно наблюдать ее; на том месте, где была звезда, видна только черная сфера. Однако вещество звезды продолжает коллапсировать и за горизонтом событий; более того, коллапс продолжается вечно, и, в конце концов, вещество сжимается до нулевого объема в центре звезды. Этот центр называется сингулярностью. Следовательно, образование черных дыр для космической материи представляет собой не формальную возможность, а является закономерным и неизбежным этапом эволюции.

Размеры дыр характеризуются гравитационным радиусом, равным $R_g = 2GM/c^2$ (где G – гравитационная постоянная; M – масса тела; c – скорость света в вакууме). Сфера, описанная гравитационным радиусом, называется сферой Шварцшильда. Она является особенной (сингулярной) поверхностью, на которой временная координата обращается в нуль, а пространственная в бесконечность. Гравитационный радиус (а следовательно, и сфера Шварцшильда) задается одной переменной – массой, т.е. телу с определенной массой должен соответствовать конкретный гравитационный радиус. Если взять любое тело и мысленно поместить его массу под сферу Шварцшильда, то тело сжимается и получается черная дыра. Если же представить обратное: та же масса не сжимается, а расширяется под сферой Шварцшильда, то данный объект – белая дыра. Найти естественные механизмы того, как тело может сжаться до гравитационного радиуса или оказаться под ним, – значит объяснить природу образования черных и белых дыр во Вселенной.

Астрономы пришли к заключению, что черные дыры не рождаются огромными, а постепенно растут за счет газа и звезд галактик. Данные показывают, что гигантские черные дыры не предшествовали рождению галактик, а эволюционировали вместе с ними, поглощая определенный процент массы звезд и газа центральной области галактики. Черные дыры в центрах гигантских галактик, включают в себя миллиарды солнечных масс.

Как известно, черные дыры нельзя обнаружить при помощи непосредственных наблюдений. Их можно обнаружить по мощному воздействию на окружающую материю.

В последнее время получены весьма убедительные доказательства того, что и в центре нашей Галактики есть черная дыра с массой около 2,5 млн масс Солнца.

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ - ЧАСТЬ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. И.В. Столяревский

Рук.: доц. Ю.В. Меньшов, ст. пр. И.В. Галушак

Тепловой насос (ТН) - устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой)^[1] к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Концепция тепловых насосов была разработана ещё в 1852 году физиком и инженером Уильямом Томсоном (Лордом Кельвином). Австрийского инженера Петера Риттера фон Риттингера считают изобретателем теплового насоса, именно он спроектировал и установил первый известный ТН в 1855 году. Термодинамически тепловой насос аналогичен холодильной машине. Однако если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель - теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Как и холодильная машина, ТН потребляет энергию на реализацию термодинамического цикла (привод компрессора). Температурный уровень теплоснабжения от тепловых насосов в настоящее время может варьироваться от 35 °С до 62 °С. Что позволяет использовать практически любую систему отопления. Экономия энергетических ресурсов достигает 70 %^[2,3]. Промышленность технически развитых стран выпускает широкий ассортимент парокомпрессионных тепловых насосов тепловой мощностью от 5 до 1000 кВт.

Современные парогазотурбинные установки на электростанциях выделяют большое количество тепла, что и используется в когенерации. Тем не менее, при использовании электростанций, которые не генерируют попутное тепло (солнечные батареи, ветряные электростанции) применение тепловых насосов имеет смысл, так как такое преобразование электрической энергии в тепловую более эффективно, чем использование обычных электронагревательных приборов. В действительности приходится учитывать накладные расходы по передаче,

преобразованию и распределению электроэнергии. В результате отпускная цена электричества в 3-5 раз превышает его себестоимость, что приводит к финансовой неэффективности использования тепловых насосов по сравнению с газовыми котлами при доступном и дешевом природном газе. Однако, высокая цена углеводородных ресурсов приводит к необходимости выбора между обычным преобразованием электрической энергии в тепловую и с помощью теплового насоса.

К преимуществам тепловых насосов в первую очередь следует отнести экономичность: для передачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2-0,35 кВт·ч электроэнергии.^[2,3] Так как преобразование тепловой энергии в электрическую на крупных электростанциях происходит с кпд до 50 %, эффективность использования топлива при применении тепловых насосов повышается. Упрощаются требования к системам вентиляции помещений и повышается уровень пожарной безопасности. Все системы функционируют с использованием замкнутых контуров и практически не требуют эксплуатационных затрат, кроме стоимости электроэнергии, необходимой для работы оборудования. Ещё одним преимуществом тепловых насосов является возможность переключения с режима отопления зимой на режим кондиционирования летом. В процессе эксплуатации система не нуждается в специальном обслуживании, возможные манипуляции не требуют особых навыков и описаны в инструкции. ТН компактен (его модуль по размерам не превышает обычный холодильник) и практически бесшумен. В западных странах тепловые насосы применяются давно как в быту, так и в промышленности. Сегодня в Японии, например, эксплуатируется около 3 миллионов установок, в Швеции около 500 тысяч домов обогревается тепловыми насосами различных типов. К недостаткам тепловых насосов, используемых для отопления, следует отнести большую стоимость установленного оборудования: стоимость насоса и монтажа системы составляет \$300-1200 на 1 кВт необходимой мощности отопления. Время окупаемости тепловых насосов составляет 4-9 лет, при сроке службы по 15-20 лет до капитального ремонта.

1. *Тепловой насос* — статья из Большой советской энциклопедии (3-е издание),

2. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоёв Земли (Монография). Издательский дом «Граница». М., «Красная звезда» — 2006. — 220 °С.,

3. Васильев Г. П., Хрустачев Л. В., Розин А. Г., Абуев И. М. и др. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии // Правительство Москвы Москомархитектура, ГУП «НИАЦ», 2001. — 66 °С.

ВИХРЕВЫЕ ТОКИ В МАССИВНЫХ ПРОВОДНИКАХ

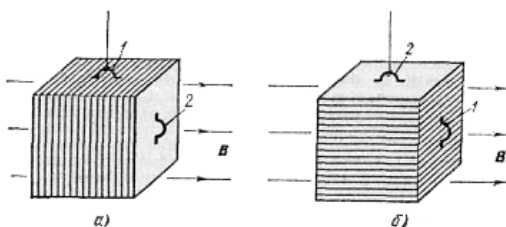
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: Ю.Я. Лапкин, А.Э. Полеткин

Рук.: ст. пр. С.С.Кривонос, доц. Т.Н. Шелест

Известно, что индукционные токи могут возбуждаться и в сплошных массивных проводниках. Их называют токами Фуко или вихревыми токами. В соответствии с правилом Ленца токи Фуко выбирают внутри проводника такие пути и направления, чтобы своим действием возможно сильнее противиться причине, которая их вызывает. Поэтому движущиеся в сильном магнитном поле хорошие проводники испытывают сильное торможение, обусловленное взаимодействием токов Фуко с магнитным полем. Этим пользуются для демпфирования (успокоения) подвижных частей гальванометров, сейсмографов и других приборов.

Продемонстрировать торможение проводника в магнитном поле можно с помощью следующей демонстрации. Кубик, составленный из отдельных металлических пластин, подвешивается на нити между полюсными наконечниками электромагнита. При этом подвешивать его можно в двух положениях: с вертикальным положением пластин (а) и горизонтальным (б).



пластин (а) и горизонтальным (б).

Закрутив нить, на которой кубик подвешен к штативу, дать ей возможность раскручиваться. Когда скорость кубика станет достаточно большой, включить ток в обмотке электромагнита. При вертикальном положении пластинок кубика вихревые токи, направление которых тоже вертикально (по правилу правой руки), могут проходить свободно и достигают большой силы. Кубик почти мгновенно тормозится, причем тормозящее действие значительно сильнее тогда, когда кубик подвешен за ушко 1, чем тогда, когда он подвешен за ушко 2. Если ток выключить, то кубик снова начнет быстро вращаться. При горизонтальном положении пластинок вихревые токи очень малы и торможение кубика не наблюдается.

ИСТОРИЯ ФИЗИКИ

РОЛЬ ФИЗИКИ В РАЗВИТИИ ТЕХНИКИ И ВЛИЯНИЕ ТЕХНИКИ НА РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: И.В. Григоренко, К.М. Ермакова

Рук.: доц. В.И. Белозерцева, проф. Е.С. Сыркин

Физика — продукт цивилизации и условие её развития. С помощью науки человек развивает материальное производство, совершенствует общественные отношения, воспитывает и обучает новые поколения людей, лечит свое тело. Прогресс физики и техники значительно изменяет образ жизни и благосостояние человека, совершенствует условия быта людей. Благодаря знанию законов природы человек может изменить и приспособить природные вещи и процессы так, чтобы они удовлетворяли его потребностям.

Развитие физики сопровождалось изменением представлений людей об окружающем мире. Отказ от привычных взглядов, возникновение новых теорий, изучение физических явлений характерно для физики с момента зарождения этой науки до наших дней. Современная физика есть только звено длинной цепи развития, которое началось работами Бэкона, Галилея и Ньютона и практическим применением естествознания в XVII и XVIII веках. С самого начала возникла взаимопомощь естествознания и техники. Успехи техники, совершенствование инструментов и приборов, создание новой аппаратуры для измерения и наблюдения создавали основу для более полного и более точного эмпирического знания о природе. Прогресс в познании природы и, наконец, математическая формулировка законов природы открывали путь для нового применения этого знания в технике. Так, например, открытие телескопа дало возможность астрономам точнее измерять движение звезд по сравнению с тем, как это было прежде. Благодаря этому были достигнуты успехи в астрономии и в небесной механике.

С другой стороны, точное знание механических законов имело большое значение для совершенствования механических приборов, для создания машин, преобразующих энергию, и т. д. Победное шествие этой связи естествознания и техники началось с того момента, когда научились ставить на службу человеку некоторые силы природы.

Например, энергия, которая содержится в каменном угле, оказалась способной производить ряд работ, которые прежде должны были выполняться самими людьми. Важное значение имеют открытия в области физики для развития техники. Например, двигатель внутреннего сгорания, приводящий в движение автомобили, тепловозы, речные и морские суда, был создан на основе изучения тепловых явлений.

С развитием науки в технике за последние десятилетия произошли грандиозные изменения. То, что раньше считалось научной фантастикой, сейчас является реальностью. Сегодня трудно представить нашу жизнь без видеомэгнитофона, компьютера, мобильной и интернет - связи. Современное кино, телевидение, радио, магнитная запись - все это возникло после того, как были изучены многие звуковые, световые и электрические явления.

В свою очередь, развитие техники влияет на развитие науки. Так, например, усовершенствованные машины, компьютеры, точные измерительные и другие приборы используются учеными при исследовании физических явлений. После того как были созданы современные приборы и ракеты, стало возможным глубже изучить космическое пространство. В настоящее время происходит величайшая научно-техническая революция, которая началась более четверти века назад. Она произвела глубокие качественные изменения во многих областях науки и техники. Одна из древнейших наук — астрономия переживает революцию, связанную с выходом человека в космическое пространство. Рождение кибернетики и электронных вычислительных машин революционно изменило облик математики, проложило путь к новой области человеческой деятельности, получившей название информатики. Возникновение молекулярной биологии и генетики вызвало революцию в биологии, а создание так называемой большой химии стало возможным благодаря революции в химической науке. Аналогичные процессы происходят также в геологии, метеорологии, океанологии и многих других современных науках. Во всем мире наблюдаются глубокие качественные перемены в основных отраслях техники. Революция в энергетике связана с переходом от тепловых электростанций, работающих на органическом топливе, к атомным электростанциям. Создание индустрии искусственных материалов с необычными, но очень важными для практики свойствами произвело революцию в материаловедении. Комплексная механизация и автоматизация ведут нас к революции в промышленности и сельском хозяйстве. Транспорт, строительство, связь становятся принципиально новыми, значительно более производительными и совершенными отраслями современной техники.

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. А.Р. Машьянов

Рук. доц. Л.Г. Петренко

Простейшим устройством для беспроводной передачи энергии является электрический трансформатор. Передача энергии от его первичной обмотки к вторичной осуществляется посредством взаимной индукции. Основной функцией трансформатора является увеличение или уменьшение первичного напряжения. Основным недостатком электромагнитного метода беспроводной передачи энергии является крайне небольшое расстояние его действия. Приемник должен находиться в непосредственной близости к передатчику для того, чтобы эффективно с ним взаимодействовать.

Использование резонанса несколько увеличивает дальность передачи. При резонансной индукции передатчик и приемник настроены на одну частоту. Идея Николы Тесла о беспроводной передаче энергии с помощью резонансного трансформатора получила практическое воплощение в радиопередающих устройствах, а также в радиоуправлении различными механизмами. Однако его работы по передаче мощных потоков энергии на расстояние заканчивались лишь серьёзными разрушениями оборудования и построек и поэтому были прекращены.

Электрическая энергия, передаваемая с помощью электростатической индукции, может быть использована в приемном устройстве, например, таком как беспроводные лампы. Тесла, используя гигантский вибратор, продемонстрировал беспроводное питание током, извлекаемым из Земли, 200 ламп накаливания, расположенных на расстоянии 42 километра от его лаборатории. Конечно, КПД этой системы составлял порядка 5%, но даже сегодня учёные не могут повторить ничего подобного.



Из современных методов передачи электрической энергии на расстояние следует выделить: микроволновый, ультразвуковой, лазерный.

В микроволновом методе значительное увеличение расстояния эффективной передачи энергии осуществляется путем уменьшения длины волны электромагнитного излучения до микроволнового диапазона. Для обратного преобразования микроволновой энергии в энер-

гию постоянного тока используется ректенна, эффективность которой превышает 95 %. Опыты по передаче десятков киловатт электроэнергии на расстояние порядка одного километра проводились в Голдстоуне (штат Калифорния) в 1975 году и в 1997 году в Гранд Бассине (остров Реюнион) [1]. Примером простой микроволновой передачи является наша домашняя СВЧ печь, которая при помощи магнетрона передает колебания молекулам воды, входящим в состав нашей пищи.

Ультразвуковой метод был представлен на выставке The All Things Digital (D9) в 2011г. студентами из Пенсильвании. Он подразумевает использование ультразвуковых передатчиков, которые незаметны для человека, и не оказывают на него негативных воздействий, однако требует отсутствия препятствий для контакта между передатчиком и приёмником, поскольку препятствия глушат звук.

В **лазерном методе** энергия передаётся путём преобразования её в лазерный луч, длина волны которого приближается к видимой области спектра (10мкм-10нм), который затем направляется на фотоэлемент приемника. Есть ряд преимуществ данного метода над остальными – узкий лазерный пучок эффективно передаёт энергию на большие расстояния; компактный размер твердотельного лазера; лазер не создает радиочастотных помех для существующих средств связи, таких как Wi-Fi и сотовые телефоны; отсутствие возможности «кражи» энергии.

В 2006-2008 годах в США была разработана и испытана новая **WiTricity-технология** [3] беспроводной передачи мощности на расстояние в диапазоне от 2 см до 2,5 м, путем использования **магнитного взаимодействия сильно связанных магнитных резонаторов**. Экспериментальная установка позволяла зажигать лампы мощностью до 60 Вт, а также производить беспроводную зарядку мобильных устройств. Магнитное поле не оказывает никакого влияния на человека, может быть введено в каждое жилище и упростит жизнь людей.



WiTricity-технология может посредством проводников под трассами создавать поле достаточное для того, чтобы заряжать электромобили. Этот метод может быть очень эффективным ввиду близости автомобилей к покрытию дороги. Представьте инновационные дорожные полотна, которые будут служить в роли передатчика энергии, а все электромобили, объединенные в одну энергосеть, будут выступать в роли приёмников. Такое будущее кажется довольно заманчивым.

[1] Беспроводная передача электричества. Википедия, ru.wikipedia.org;

[2] Ш.Гареев. Электричество будет передаваться без проводов». //Великая Эпоха, 2.06.2007;

[3] Aristeidis Karalis; J.D. Joannopoulos, Marin Soljačić. «Efficient wireless non-radiative mid-range energy transfer». *Annals of Physics* 323: 34–48, 2008.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. М.Г. Розуменко

Рук. доц. Ю.В. Меньшов

Первым источником тепла, а заодно и света, является костер, где в качестве топлива используется древесина, или уголь. В этом случае мы имеем источник энергий химической природы. Рабочим органом является раскаленный газ, который образуется в зоне горения при термическом разложении топлива в присутствии кислорода воздуха. Компактными переносными источниками света явились масляные лампы. В них источник энергий служило жидкое масло. Для транспортировки масла из резервуара к зоне горения потребовалось ввести трансмиссию - фитиль. Следующим этапом явилось изобретение восковой свечи. Как не странно, это устройство может быть помещено между костром и масляной лампой на общей линии развития. Дело в том, что топливо свечи находится в твердом состоянии, но при нагреве плавится и далее транспортируется фитилем к зоне горения. В начале XIX века появились парафиновые свечей и керосиновые лампы. В действительности, керосиновые лампы появились еще в Средние века. Но новую жизнь в них вдохнул польский изобретатель И. Лукашевич. В конце XVIII века появились первые водородные лампы с электрическим зажиганием. Однако широкого распространения они не получили по причине сложности и взрывоопасности. Первая настоящая газовая лампа была создана В. Мурдохом. В 1798 году он стал использовать лампы на угольном газе для освещения производственных помещений. Практически параллельно с развитием химических источников света развивались электрические, причем они появились даже немного раньше газовых рожков. Сначала начали развиваться системы, которые использовали электрическую дугу. Наблюдали это явление одновременно Х. Дэви в Англии и В. Петров в России, П. Яблочков усовершенствовал конструкцию, поставив электроды вертикально и разделив их слоем изолятора. Такая конструкция получила название «свеча Яблочкова» и использовалась во всем мире. В большинстве газоразрядных ламп используется излучение положительного столба дугового разряда, в импульсных лампах искровой разряд, переходящий в дуговой. Существуют лампы дугового разряда с низким [от 0,133 Па (10-3 мм рт. ст.)], например натриевая лампа низкого давления, высоким (от 0,2 до 15 ат, 1 ат = 98066,5 Па) и сверхвысоким (от 20 до 100 ат и более,

например ксеноновые газоразрядные лампы) давлением. Дуговые лампы были, хотя и яркими, но не очень экономичными, поэтому вскоре свое триумфальное шествие начали лампы накаливания. После того, как Кулиджу удалось получить ковкий вольфрам лампочки накаливания уверенно обошли газовые рожки и дуговые лампы. Галогенные лампы накаливания, как и обычные лампы накаливания, излучают тепло, однако их рабочая температура составляет около 2800°C . В результате этого они излучают более белый свет, имеют более высокую световую отдачу - до 25 лм/Вт и более длительный срок службы, составляющий 2000 - 4000 часов. Газоразрядные лампы являются родственниками дуговых. Это большое семейство ламп, в которых разряд происходит между электродами в атмосфере какого-либо газа, или пара. Разряд вызывает ионизацию газа, то есть возникает плазма, которая и является рабочим органом системы. Однако, в отличие от дуговых, в газоразрядной лампе используется «тлеющий» разряд. В результате, температура и энергопотребление таких ламп существенно ниже. Люминесцентные лампы накаливания обеспечивают световую отдачу от 30-50 лм/Вт. Они имеют довольно большой срок службы, до 20000 часов. Безэлектродные лампы работают на высокочастотном излучении устройства, называемого магнетрон и расположенного за рефлектором. СВЧ-излучение создает электромагнитное поле, приводя, таким образом, к возникновению плазмы с длиной волны, определяемой газовым наполнением. Достоинства СВЧ- световых приборов на основе безэлектродных серных ламп: повышенная световая отдача (~100 лм/Вт), обеспечивающая возможность энергосбережения; сплошной квази-солнечный спектр, естественная (неискаженная) цветопередача; малые габариты, высокая яркость и симметричность формы светящего тела, большая долговечность лампы - несколько десятков тысяч часов; экологическая «чистота» собственно излучения и материалов горелки. Светодиоды - полупроводниковые элементы, которые при подаче напряжения в «прямом» смещении излучают монохроматический, некогерентный свет. Цвет свечения зависит от применяемого при производстве светодиода полупроводника и сегодня охватывает весь видимый спектр, инфракрасный, а в последних разработках - даже ультрафиолетовый. В силу высокого КПД и низких рабочих токов и напряжений светодиоды - отличный материал для изготовления автономных источников света. Со временем, скорее всего, полностью вытеснят лампы накаливания.

1. Колтун М.М. Солнце и человечество М: Наука 1981, 2. Дягилев Ф.М. "Из истории физики и жизни ее творцов", М. Просвещение, 1986г.

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А.О. Шамайда
Рук. доц. М.В. Лебедева*

За последнее десятилетие потребление энергии в мире увеличилось почти в 15 раз и сейчас каждый житель Земли в среднем потребляет 20 МВт-час/год. При этом значительная часть используемой энергии (около 80%) - это энергия, получаемая при сжигании органического топлива (нефти, угля, газа). Процессы горения сопровождаются выбросами углекислого газа, который ответственен за парниковый эффект. Так, например, в США выбросы составляют 19 т/чел.год, в странах Евросоюза - 8т/чел.год. Поэтому в настоящее время из-за ограниченности используемых источников энергии и экологических проблем резко возрос интерес как к возобновляемым источникам энергии, так и к нетрадиционным более эффективным технологиям получения энергии из имеющихся на Земле энергоресурсов. Одним из таких перспективных направлений является использование топливных элементов – одной из разновидностей электрохимического генератора.

Идея создания топливного элемента возникла еще в 1839 году у Уильяма Гровса, а серьезный практический интерес к ним появился в середине шестидесятых годов прошлого столетия, когда стал вопрос об энергообеспечении космических аппаратов. Следующий этап бурного развития топливных элементов начался в девяностых годах прошлого столетия.

Несмотря на многообразие конструкций и используемых в них материалов принцип работы их одинаков. Самым простым по своему устройству является топливный элемент с протонообменной мембраной. Он состоит из полимерной мембраны, помещенной между анодом и катодом. Анод и катод выполнены из пористого материала, представляющего собой смесь углеродных волокон с частичками платины, играющей роль катализатора, способствующего протеканию реакции диссоциации. На аноде молекулы водорода в присутствии катализатора превращаются в ионы H^+ (протоны) и электроны. Мембрана в силу своего химического состава пропускает через себя протоны и задерживает электроны. Протоны через мембрану диффундируют к катоду, а поток электронов направляется к катоду через внешнюю электриче-

скую сеть, к которой подключена нагрузка. Кислород, подаваемый на катод, в присутствии катализатора вступает в реакцию с ионами водорода из мембраны и электронами из внешней цепи. В топливном элементе протекает реакция: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{электричество} + \text{тепло}$.

Таким образом, в результате холодного горения в топливных элементах получается полезная энергия и водяной пар.

В качестве топлива в таких элементах используется водород, которым либо непосредственно заправляется энергетическая установка, либо он получается из традиционно используемого топлива (бензин, природный газ, метанол) непосредственно в особых устройствах – реформерах. Окислителем в топливных элементах является кислород, которого вполне достаточно в воздухе.

В настоящее время топливные элементы все активнее используются в самых разных областях – от энергоснабжения и теплоснабжения зданий до источников питания ноутбуков и мобильных телефонов. Огромны перспективы их использования и на транспорте. Эффективность топливных элементов обусловлена тем, что для них нет термодинамического ограничения коэффициента использования энергии. В отличие от традиционных технологий сжигания топлива в энергетических установках, когда химическая энергия топлива неэффективно переходит в тепло, которое затем тратится на совершение полезной работы, в топливных элементах химическая энергия топлива в процессе электрохимической реакции напрямую переходит в электрическую. КПД топливных элементов достигает по электрической энергии 50%. При использовании наряду с электрической энергией тепла и воды эффективность топливных элементов возрастает до 80%. При равной полезной мощности автомобиль использующий бензин не в качестве основного топлива а как источник для получения водорода в реформерах с последующим окислением его в топливных элементах примерно в два раза экономичнее обычных бензиновых машин. Не менее важным преимуществом топливных элементов является их экологичность. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ для автомобилей, заправляемых водородом, практически отсутствуют.

Одним из основных недостатков топливных элементов на сегодняшний день – их относительно высокая стоимость. Для введения топливных элементов в повседневную жизнь наряду с удешевлением компонентов следует развивать новые оригинальные идеи и подходы. В частности большие надежды связываются с применением наноматериалов и нанотехнологий.

КОСМИЧЕСКИЕ ПУТЕШЕСТВИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФИЗИКИ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Сл.: И.А. Пулин, Ю.И. Райская

Рук.: доц. В.И. Белозерцева, ст.пр. И.А. Корж

Жажда познания, которая влекла человека в древности к освоению новых земель, реализуется у современного человека в желании осваивать космическое пространство. Однако человеческий организм не предназначен для космических путешествий, для функционирования организма человека необходима земная гравитация. Поэтому предполагается освоение космоса различными путями [1].

Физик Мичио Каку [2] выделяет три категории технологий, которые открывают возможности космических перелетов, однако находятся «на пределе» возможностей их технического воплощения.

В первую категорию попадают «невозможности 1 класса». Это технологии, сегодня невозможные, но не нарушающие известных законов природы. Таким образом, они могут стать возможными уже в этом столетии или, может быть, в следующем в измененной форме. К этой категории относятся телепортация, двигатели на антивеществе, некоторые формы телепатии, телекинеза и невидимость.

Ко второй категории относятся «невозможности 2 класса». Это технологии, лишь недавно всерьез обозначившиеся на переднем крае наших представлений о физическом мире. Если они вообще возможны, то реализация их может растянуться на тысячи и даже миллионы лет. Сюда относятся машины времени, возможность гиперпространственных путешествий сквозь кротовые норы.

К последней категории относятся «невозможности 3 класса». Это технологии, которые нарушают известные нам физические законы. Удивительно, но невозможных технологий этого типа оказалось мало. И если когда-нибудь окажется, что они возможны, это будет фундаментальный сдвиг в наших представлениях о физике[2].

Литература:

1. И.В. Владленова. Космические путешествия с точки зрения науки.//Кол. монография/Под ред. О.А. Базалука – Харьков: МФКО, Т.2 – С. 84 – 103;
2. Каку М. Физика невозможного. – Режим доступа: <http://lib.rus.ec/b/146090>.

ГЕОРГИЙ ГАМОВ – ТРИЖДЫ НЕЛАУРЕАТ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ

*Харьковский национальный аграрный
университет им В.В. Докучаева
Ст.: В.Г. Воронько, А.О. Сиваков
Рук. доц. С.С. Авотин*

Личность Георгия Гамова (1904–1968), ученого, прожившего более 30 лет за границей, на счету которого несколько работ "нобелевского" ранга, на протяжении десятилетий притягивали к себе внимание многих людей. - Кто же он, профессор Гамов – Джордж или Георгий Антонович? Георгий Гамов родился 4 марта 1904 года в Одессе, в семье преподавателя русского языка и литературы в гимназии. Родные по отцовской линии были военными. Семейные предания восходили ко временам Запорожской Сечи. Дед по материнской линии, Арсений Лебединцев, был митрополитом и настоятелем Одесского кафедрального собора. Георгию было девять лет, когда умерла мать. Заботы о воспитании мальчика легли на плечи отца. Он приобщил его к музыке, водил в знаменитый Одесский оперный театр, подарил сыну микроскоп и телескоп. В телескоп Гамов наблюдал комету Галлея, а микроскоп сыграл свою роль в отходе от религиозности. Физикой Гамов увлекался еще гимназистом. Университет в Петрограде Гамов окончил 24 ноября 1924 г. за три года. Сам Гамов в автобиографии относит это событие к 1929 г. когда он сдал все экзамены и защитил диссертацию.

В 1928 году он был командирован в Германию, в Геттингенский университет. По приезде туда, 29 июля 1928 г. Гамов отсылает статью в "Zeitschrift für Physik", в которой он объяснил "квантовую" природу альфа-распада, введя представление о туннельном механизме этого явления. По приглашению Н. Бора десять месяцев Гамов пробыл в Англии и Дании (Бор направил его к Резерфорду).

С осени 1929 г. Гамов в качестве стипендиата фонда Рокфеллера работает в Англии и Дании, много путешествует. Он признан одним из крупнейших специалистов в области теоретической и ядерной физики. Наряду с книгами и статьями большую известность приобретают его остроты и шутки. Никто из советских физиков - за исключением, быть может, Абрама Иоффе не пользовался в те годы такой свободой в посещении научных центров за рубежом, как Гамов. Вернув-

шившись весной 1931 года в Ленинград, он погружается в атмосферу интенсивных ядерных исследований, проводившихся под руководством И. В. Курчатова и А. И. Алиханова. В октябре 1931 года Гамов получил приглашение на международный конгресс в Риме, посвященный проблемам физики ядра. Однако разрешения на поездку ему не дали. Гамов начал взвешивать все "за" и "против" своего отъезда из СССР. 29 марта 1932 г. Гамов избирается членом-корреспондентом АН СССР. В 1933 году он с женой получает разрешение на поездку в Брюссель на международный конгресс и не возвращается.

В 1940 году он становится гражданином США. Более двадцати лет он профессор университета Дж. Вашингтона, а последние 12 лет жизни он профессор Колорадского университета. В годы войны Гамов стремился к участию в научных исследованиях военного характера. Однако к работе над атомной бомбой, привлечен не был. Теория расширяющейся "из точки" Вселенной была дана в 1922 г. А. А. Фридманом. Гамов был одним из учеников Фридмана по Ленинградскому университету.

В 1948 г. Гамов выдвигает предположение о том, что вещество ранней Вселенной было не только плотным, но и горячим. Оно было тем "котлом", в котором произошел синтез всех химических элементов. Описание ранней Вселенной в духе общих законов термодинамики и ядерной физики была для большинства физиков и астрономов неожиданностью. В последовавшей затем серии статей группы Гамова первоначальная теория совершенствовалась и разрабатывалась от года к году. В итоге этой большой многолетней работы ученых разных стран, инициированной Гамовым, стало очевидным, что космическая распространенность водорода и гелия - действительно может быть объяснена ядерными реакциями в горячем веществе ранней Вселенной. Более тяжелые элементы должны, по-видимому, синтезироваться иным путем, например, при вспышках сверхновых звезд. Что же касается фонового излучения, то оно должно иметь в нашу эпоху температуру, весьма близкую к абсолютному нулю, в пределах от 1 до 10 кельвинов.

В 1931 г. вышла работа Вернадского "Изучение явлений жизни и новая физика". Полтора десятилетия спустя появилась книга одного из основоположников квантовой механики Э. Шредингера "Что такое жизнь с точки зрения физики?" Можно ли считать неожиданным внимание Гамова к этим проблемам? Гамов точно "вычислил", что решающие шаги будут вот-вот сделаны в генетике. И он занялся генетическим кодом.

В 1953 г. британский специалист по кристаллографии Ф. Крик и американский биохимик Дж. Уотсон выявили структуру дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) как системы двух спиралей, сложенных из нуклеотидов. Как только состав и генетическая функция ДНК были выявлены, Гамов быстро включился в работу и вскоре, уже в 1954 г., смог впервые в науке сформулировать конкретную и точную задачу расшифровки генетического кода. Гамов исходил из того, что в основе всего живого лежат белки. Известно, что белки строятся из 20 аминокислот; индивидуальные свойства белка определяются тем, из каких аминокислот и в какой последовательности он образован. Синтез белков управляется нуклеиновыми кислотами, в которых хранится и посредством которых передается полный набор сведений о строении белков. Способ записи этой информации с помощью четырехбуквенного алфавита нуклеотидов универсален, одинаков для всего живого на Земле - для животных, растений, бактерий и вирусов. Каждое слово в генетическом тексте - это название аминокислоты; каждое предложение определяет белок. Если в алфавите жизни четыре буквы, то как из них строятся слова? Этот вопрос и был поставлен Гамовым в 1954 г. Очевидно, что число слов должно быть не меньше 20. Если допустить, что каждое слово состоит из двух букв, то таких различных пар будет $4^2 = 16$. Это мало. Гамов сделал предположение, что в каждом слове должно быть, скорее всего, три буквы. Биологи относились к его работе поначалу отрицательно: ему даже не удалось опубликовать в США первую свою заметку на эту тему, пришлось отсылать её в Данию, в Труды Датской королевской академии, членом которой он был. Одна из работ Гамова по генетическому коду была (по недосмотру?) опубликована у нас в переводном сборнике "Вопросы биофизики". Это была первая его публикация в СССР с 1933 г.

Новые эксперименты показали, что идея Гамова об универсальном коде с трехбуквенными словами абсолютно верна. Это был триумф генетики и вместе с тем огромный личный успех Гамова. Гамов возвращается. Ссылки на его статьи и книги стали появляться с середины 60-х годов.

Сам он, живя и работая в США, продолжал считать себя принадлежащим и к отечественной культуре.

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ БОЗОНА ХИГГСА

*Национальный технический университет
Харьковский политехнический институт*

*Ст. А.О. Сивоченко
Рук. доц. А.А. Рожков*

Люди долгое время пытались понять, как устроен наш мир на фундаментальном уровне. Только 20 лет назад создалась ясная картина. В качестве теоретической конструкции фундаментальные знания образуют красивый дворец — это стандартная модель, которая объясняет, как все устроено. Но если посмотреть на этот дворец поближе, можно заметить, что его кирпичам не хватает цемента. И если на него дунуть, то конструкция развалится как карточный домик. Бозон Хиггса объясняет то, как эта конструкция держится вместе, именно без него дворец распадется. Это последний элемент, который является строительным цементом. По сути, он позволит этой теории прочно существовать. Андрей Корытов. Согласно принципам стандартной модели, в момент рождения Вселенной после Большого взрыва частицы приобрели массу под действием Хиггсовского поля, сформированного бозонами Хиггса. Без этого поля не могло бы произойти образование атомов, а частицы, не имеющие массу, просто разлетелись бы по космическому пространству. Согласно теории, неуловимые бозоны Хиггса существуют везде. Через поле Хиггса, заполняющее пространство Вселенной, проходят абсолютно все частицы, из которых строятся атомы, молекулы, ткани и целые живые организмы. Теория не позволяет точно установить массу бозона, поэтому для его обнаружения ученые прибегли к методу эксперимента. Они предполагают, что частица находится в области масс от 100 до 1000 ГэВ (гигаэлектронвольт). Поиски хиггсовского бозона в Европейском центре ядерных исследований на Большом электрон-позитронном коллайдере (LEP) (эксперимент завершён в 2001 году, энергия 104 ГэВ на каждый пучок, то есть суммарная энергия пучков в системе центра масс 208 ГэВ) не увенчались успехом: были зафиксированы три события-кандидата на детекторе ALEPH при массе 114 ГэВ, два — на DELPHI и одно — на L3. Такое количество событий приблизительно соответствовало ожидавшемуся уровню фона. Вопрос о существовании бозона Хиггса прояснится окончательно после вступления в строй и нескольких лет работы Большого адронного коллайдера (LHC).

ФИЗИК В КРЕСЛЕ СТОМАТОЛОГА: ФОТОПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Национальный технический университет «ХПИ»

Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

Харьковская городская студенческая больница

Ст.: Л. Баранова, В. Гущенко, Г. Кириченко

Рук.: доц. В.А. Лыках, доц. А.Р. Казачков,

Н.В. Пичугина

В настоящее время термин *фотополимеры* прочно ассоциируется с инновациями в стоматологии.

Процесс фотополимеризации был известен еще в древнем Египте более трех тысяч лет назад и применялся при мумифицировании. В начале девятнадцатого века с помощью природных фотополимерных смол на металлических подложках были получены грубые изображения под действием солнечного света. Однако только в середине двадцатого века, Луи Пламбек из фирмы DuPont использовал процесс фотополимеризации для получения качественных печатных изображений. Первый патент в этой области был выдан ему в 1950 г. В настоящее время запатентованы сотни, если не тысячи способов формирования (записи) изображения, от электроники до полиграфии. Качество получаемой записи, особенно в голографии, зависит от размера молекул. Итогом этой волны интереса к фотополимерам стало их закрепление прежде всего в двух важных отраслях промышленности: полиграфии и ремонтно-клеевых работах. В печати и стоматологии фотополимеры заменили экологически вредные вещества, такие как свинец и соединения ртути.

Фотополимерные материалы в стоматологии.

В быту фотополимерные материалы стали известны благодаря стоматологии, для которой они оказались настоящей находкой. Использование фотополимеров открывает перед стоматологом возможность реализовать себя не только как врача, а и как художник-реставратор. Это уже не просто постановка пломбы, а выполнение прямых реставраций в полости рта в одно посещение, при непревзойденном качестве результата. Фотополимерные материалы склеиваются с зубными тканями столь же прочно, как они сами соединены между собой. Такая реставрация укрепляет опорные ткани зуба, сохраняет оставшиеся тка-

ни даже депульпированных зубов. Выполняя восстановление зуба стоматолог не ограничен во времени, поскольку материал застывает под действием света УФ лампы.

Фотополимер представляет собой комбинацию органической матрицы и неорганических микро- и макрочастиц, различные сочетания которых придают материалу высокую прочность и эстетические свойства. Наполнители обеспечивают богатую цветовую гамму оттенков и различную степень прозрачности. Послойное внесение и полимерзация материала позволяет врачу достигнуть высокого эстетического эффекта, эластичность и способность деформироваться синхронно с естественными зубными тканями. Уникальной является возможность ставить фотополимерные пломбы на поверхности скола, углы зуба и другие неудобные участки.

Механизм фотополимеризации.

Фотополимеры уместно разделить на *фотосшиваемые* и *фотополимеризуемые*.

Фотосшиваемые уже являются полу-полимерами (например эфиры ПВС и коричной кислоты), для их окончательного сшивания требуется облучение.

Фотополимеризующиеся – как правило композиции нескольких отверждаемых олигомеров и полимеров, полимеризующихся по классическому механизму при помощи фотоинициаторов или фотоиницируемых групп в своей цепи.

Механизм фотоиницирования сложен: полимеризация включает фотораспад молекулы инициатора на активные частицы, «нанизывающие» на себя молекулы олигомера или мономера. В распространенном случае, когда мономер или олигомер многофункционален, рост цепи идет в разных направлениях, в итоге получается жестко сшитая сетка. Имеет место эффект клетки: в полученной сетке «застревают» недоотвержденные молекулы и фрагменты. Для каждого вида молекул существует красная граница фотореакции. Это позволяет безопасно работать при дневном свете, и проводить желаемую реакцию при УФ облучении. Количество прореагировавшего вещества меняется во времени почти экспоненциально. Время экспозиции при постановке пломбы не более десятков секунд на каждый слой. Достижимая при этом степень полимеризации (конверсии фотополимеров) составляет 75-85%.

Литература

1. Терапевтическая стоматология. Под ред. Е.В.Боровского. Москва. ООО Медицинское Информационное Агентство: 1997. – 544 с.
2. Николишин А.К. Восстановление (реставрация) и пломбирование зубов современными материалами и технологиями. Полтава: 2001. – 176 с.

ВЛИЯНИЕ ВОЛН НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И МУЗЫКОТЕРАПИЯ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: А.А. Болотинская, Р.А. Думнов

Рук. доц. Т.И. Храмова

Музыкотерапия в целом развивается как интегративная дисциплина на стыке нейрофизиологии, психологии, рефлексологии, музыкальной психологии и др. Она все больше используется в лечении, реабилитации, образовании и воспитании детей и взрослых, страдающих от соматических и психических заболеваний.

Все внутренние полосы частот головного мозга, амплитудно-частотные характеристики альфа- и других ритмов строго индивидуальны и находятся в определенном частотном диапазоне, общем для всех людей. Понятие «правильной» и «здоровой» музыки определяется ритмом (или частотой) и громкостью мелодии. Как показали наблюдения, музыка тем полезнее, чем она менее ритмична и тише. Так, музыка с ритмом 60 ударов в минуту – как медитация – замедляет бета волны в головном мозге, и мозг в таком расслабленном состоянии прекращает испытывать стресс и стабилизируется. Прослушивание музыки с таким ритмом позволяет избавиться от нервозности и тревоги, улучшить трудоспособность и внимательность, нормализовать общее состояние и вернуть чувство умиротворения.

Когда мы слушаем максимально ритмичную музыку, происходит обратное воздействие. Частота волн головного мозга начинает превышать допустимые нормы и мозг начинает испытывать стресс. Если таким нагрузкам подвергать мозг постоянно, появляется не только повышенная утомляемость, раздражительность и бессонница, но и более серьезные проблемы. Попадая в резонанс с какими-то частотами головного мозга конкретного человека, можно стимулировать мозговые волны собственных (внутренних) частот головного мозга и влиять на психическое состояние. Однако, получить постоянно действующий эффект и точно описать каким именно он будет, невозможно, это очень сильно зависит от индивидуальных особенностей человека.

РЕНТГЕН И МЕДИЦИНА: ОТ ПЕРВЫХ СНИМКОВ ДО КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: А.С. Довгий, А.Е. Хлёсткин

Рук. доц. Ю.Г. Окладной

В 1901 году Нобелевская премия по физике была присуждена профессору Мюнхенского университета Вильгельму Рентгену за открытие лучей, которые сам Рентген назвал "Х-лучами". И хотя не один В. Рентген имел дело с их изучением, название рентгеновских за ними прочно закрепилось. Одним из украинских ученых, связанных открытием рентгеновских лучей, был Иван Пулуй, обнаруживший, что эти лучи проникают сквозь непрозрачные предметы и засвечивают фотопластины.

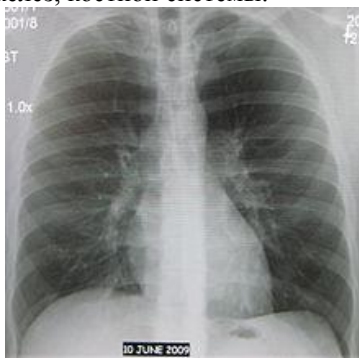
Иван Пулуй родился в 1845 году в селе Грымайлив Тернопольской области, входившей в состав Австро-Венгрии. В период работы в Страсбурге И. Пулуй провел ряд экспериментов вместе с Николой Тесла и по возвращении предложил своим венским коллегам заниматься изучением явлений в трубках для опытов по электричеству в вакууме. Он даже получил несколько снимков - руку своей дочери Натальи, а также предмета неизвестного происхождения, возможно украшения. Эти снимки были более удачными, чем первые снимки В. Рентгена.

Рентгеновское излучение — электромагнитные волны, которые занимают на шкале электромагнитных волн промежуточное положение между ультрафиолетовым и гамма-излучением. Они обладают большой проникающей способностью, благодаря которой нашли своё применение в медицинской диагностике. Первоначально на основе использования рентгеновских лучей появились два метода медицинской диагностики: рентгенография и рентгеноскопия.

Рентгеноскопия (рентгеновское просвечивание) — метод рентгенологического исследования, при котором изображение объекта получают на светящемся (флуоресцентном) экране. Вначале это был лист картон с нанесённым на него специальным флюоресцирующим веществом. В современных условиях применение флуоресцентного экрана не обосновано в связи с его малой светимостью. Вместо классической рентгеноскопии применяется рентгенотелевизионное просвечивание.

Главным недостатком рентгеноскопии являются значительные дозы облучения, которые получают больные в ходе исследования. Альтернативой является медицинская рентгенография - получение рентгеновских снимков.

Вскоре после открытия рентгеновских лучей была изобретена флюорография —, рентгеновское исследование, заключающееся в фотографировании видимого изображения на флуоресцентном экране. Этот метод даёт уменьшенное изображение объекта. Флюорография применяется главным образом для исследования органов грудной клетки, молочных желёз, костной системы.



Флюорограмма органов грудной клетки

Томография - метод послойного исследования органов человеческого тела с помощью средств лучевой диагностики. Обычная рентгеновская томография — наиболее распространенный метод послойного исследования; основанный на синхронном перемещении в пространстве излучателя и рентгеновской кассеты в процессе рентгеновской съемки. Томографы обеспечивают получение на пленке рентгеновского изображения только необходимого слоя. Устранение ненужных теней происходит за счет синхронного перемещения системы излучатель-кассета относительно некоторой пространственной оси и объекта исследования. Оптимальный результат достигается перемещением подвижной системы по сложным криволинейным траекториям. Наибольшее распространение получили продольные горизонтальные линейные томографы, с помощью которых удастся обнаружить не видимые на обычных рентгенограммах детали анатомического строения органа или патологического процесса. Для получения панорамных снимков челюсти и других частей черепа применяют панорамные нелинейные томографы.

Компьютерная томография — метод неразрушающего послойного исследования внутренней структуры объекта. Рентгеновская компьютерная томография — томографический метод исследования внутренних органов с использованием рентгеновского излучения.

Современный компьютерный томограф представляет собой сложный программно-технический комплекс с обширным пакетом программного обеспечения, позволяющий проводить весь спектр компьютерно-томографических исследований с оптимальными параметрами, последующую обработку и анализ изображений, что позволяет получать высококачественные и подробные изображения внутренних органов.



Многослойная («мультиспиральная») компьютерная томография с внутривенным контрастным усилением и трёхмерной реконструкцией изображения.

Литература:

1. Рентгеновское излучение - Википедия - [ru.wikipedia.org/wiki/Рентгеновское излучение.](http://ru.wikipedia.org/wiki/Рентгеновское_излучение.);
2. Компьютерная томография - Википедия - [ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерная томография.](http://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерная_томография.)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРОВ В МЕДИЦИНЕ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. А.С. Скиба

Рук. доц. Ю.Г. Окладной

Лазеры – оптические квантовые генераторы – гениальное изобретение двадцатого столетия. За 35 лет своего существования лазеры нашли широкое применение в промышленном производстве, бытовой электронике, космических технологиях. В медицине применение лазеров достигло такого уровня, что можно говорить о создании нового крупного направления – лазерной медицины.

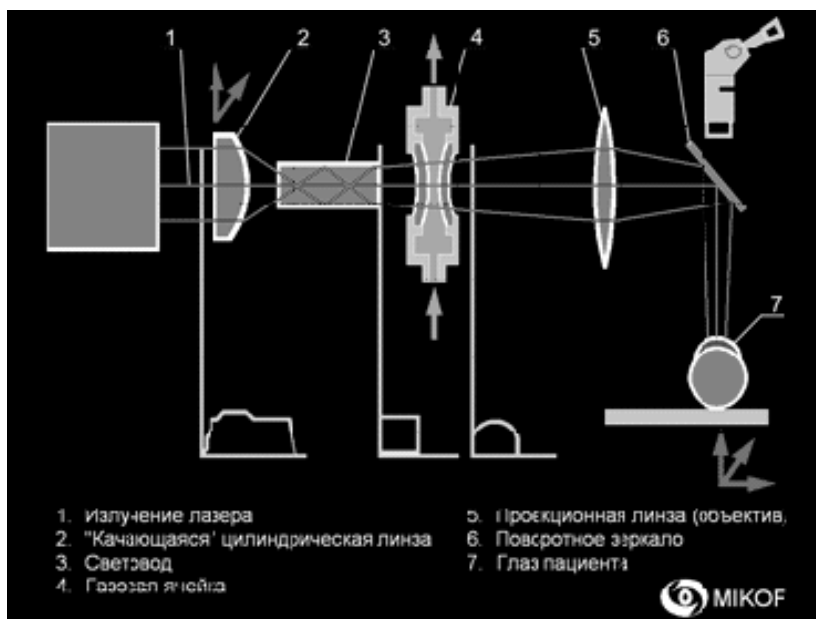
В настоящее время трудно представить прогресс в медицине без лазерных технологий, которые открыли новые возможности в решении многочисленных медицинских проблем. Изучение механизмов воздействия лазерного излучения различных длин волн и уровней энергии на биологические ткани позволяет создавать лазерные медицинские многофункциональные приборы, диапазон применения которых в клинической практике стал настолько широким, что очень трудно ответить на вопрос: для лечения каких заболеваний лазеры не применяют?

Развитие лазерной медицины идет по трем основным ветвям: лазерная хирургия, лазерная терапия и лазерная диагностика.

Широкое применение лазеров в медицине обусловлено следующими факторами:

- отсутствие прямого контакта инструмента с биотканью при проведении хирургического вмешательства с помощью луча лазера резко снижает опасность инфицирования оперируемых органов (отсутствует риск передачи ВИЧ-инфекции, гепатита В и др.);
- излучение лазера убивает патологическую микрофлору и опухолевые клетки в зоне операционного разреза, чем уменьшает вероятность послеоперационных осложнений;
- лазерное излучение герметизирует кровеносные сосуды в зоне воздействия, позволяя получить практически бескровный разрез и сохранить операционное поле сухим и чистым;
- лазерное излучение, сфокусированное до нескольких десятков микрон, оказывает минимальное термическое воздействие на биоткань, близлежащую к зоне операционного вмешательства;

- возможность управления параметрами лазерного излучения позволяет оптимизировать воздействие в зависимости от вида биоткани и формы патологии.



Таким образом, луч лазера — это высокоточный бесконтактный, бескровный, стерильный и бактерицидный хирургический инструмент, позволяющий значительно сократить процесс послеоперационного заживления.

Для того чтобы лазерное излучение оказало какое-либо действие, надо, чтобы ткань его поглощала. Поглощение лазерного излучения определяется содержанием в ткани соответствующих хромофоров. В ультрафиолетовой области спектра лазерное излучение поглощается в основном электронами атомов, что в свою очередь, приводит к ионизации, разрыву ковалентных связей и появлению радикалов. Целевыми хромофорами здесь является абсолютное большинство биомолекул, включая протеины. Излучение большинства используемых в хирургии лазеров лежит в видимой и ИК областях спектра. Здесь энергии фото-

нов недостаточно для ионизации. Поглощение приводит к вибрации и вращению молекул и вызывает выделение тепла в месте воздействия.

Наибольшее распространение в качестве инструмента лазерной хирургии получили углекислотные (CO_2) лазеры. Механизм излучения CO_2 лазера связан с инфракрасными полосами поглощения воды, как известно, содержащейся в значительных количествах во всех видах биологических тканей. Практически вся энергия CO_2 лазера (на длине волны 10,6 мкм) превращается в тепло, приводя к выпариванию биоткани в зоне операционного воздействия. В зависимости от мощности излучения на биоткани происходит её рассечение или коагуляция. Следует отметить, что на сегодняшний день CO_2 лазер является наиболее дешевым, надежным (ресурс работы достигает нескольких тысяч часов) и эффективным (КПД 70%) лазерным устройством, позволяющим создавать надежную компактную и при этом относительно дешевое лазерное оборудование.

Для целей хирургии луч лазера должен быть достаточно мощным, чтобы нагревать биоткань выше 50 - 70 °С, что приводит к ее коагуляции, резанию или испарению. Поэтому в лазерной хирургии, говоря о мощности лазерного излучения того или иного аппарата, оперируют цифрами, обозначающими единицы, десятки и сотни Вт.

Хирургические лазеры бывают как непрерывные, так и импульсные, в зависимости от типа активной среды. Условно их можно разделить на три группы по уровню мощности.

1. Коагулирующие: 1 - 5 Вт.
2. Испаряющие и неглубоко режущие: 5 - 20 Вт.
3. Глубоко режущие: 20 - 100 Вт.

Каждый тип лазера в первую очередь характеризуется длиной волны излучения. Длина волны определяет степень поглощения лазерного излучения биотканью, а, значит, и глубину проникновения, и степень нагрева как области хирургического вмешательства, так и окружающей ткани.

Применение лазера в медицине открыло новые возможности в решении многих проблем. Использование лазерной хирургии в стоматологии, конечно, не может полностью заменить другие методы лечения, но, по мнению многих специалистов, может качественным образом улучшить всю систему лечения.

Литература:

1. http://lasermed.volo.ru/index.php?ru&prod_laser_diolan_princip;
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/Применение_лазеров;
3. <http://www.medlaser.ru/applic.htm>.

УЛЬТРАЗВУК В НАУКЕ, ТЕХНИКЕ, МЕДИЦИНЕ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: Е.В. Скрипник, М.С. Тарасенко

Рук. доц. Ю.Г. Окладной

Ультразвук — это упругие колебания и волны с частотами приблизительно от 15—20 КГц и до 10^9 Гц. Область частот ультразвука можно подразделить на три подобласти: низких частот ($1,5 \cdot 10^4$ — 10^5 Гц) — УНЧ, средних частот (10^5 — 10^7 Гц) — УСЧ и область высоких частот (10^7 — 10^9 Гц) — УЗВЧ. Каждая из этих подобластей характеризуется своими специфическими особенностями генерации, приёма, распространения и применения.

Ввиду малой длины волны ультразвука на характере его распространения сказывается молекулярная структура среды, поэтому, измеряя его скорость c и коэффициент поглощения α , можно судить о молекулярных свойствах вещества. Этими вопросами занимается молекулярная акустика.

Малая длина ультразвуковых волн является основой для того, чтобы рассматривать их распространение в ряде случаев методами геометрической акустики. Физически это приводит к лучевой картине распространения. Отсюда вытекают такие свойства ультразвука, как возможность геометрического отражения и преломления, а также фокусировки звука (*рис. 1*).

Основной метод излучения ультразвука — преобразование тем или иным способом электрических колебаний в механические. В диапазоне УНЧ возможно применение электродинамических и электростатических излучателей. Широкое применение в этом диапазоне частот нашли излучатели У, использующие магнитострикционный эффект. Для излучения УСЧ и УЗВЧ используется главным образом явление пьезоэлектричества. Основными пьезоэлектрическими материалами для излучателей ультразвука служат пьезокварц, ниобат лития, дигидрофосфат калия, а в диапазоне УНЧ и УСЧ — главным образом различные пьезокерамические материалы. Вследствие обратимости пьезоэффекта он широко применяется и для приёма ультразвука.

В медицине ультразвук используется для диагностики,

терапевтического и хирургического лечения. Его способность без существенного поглощения проникать в мягкие ткани организма и отражаться от акустических неоднородностей используется для исследования внутренних органов. Ультразвуковые методы диагностики в ряде случаев позволяют более тонко различать структуру тканей, чем рентгеновские. Ультразвук применяют в акушерстве для диагностического исследования плода.

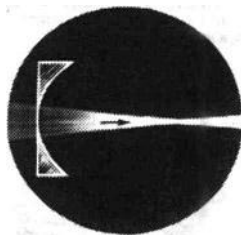


Рис.1. Фокусировка ультразвукового пучка в воде плосковогнутой линзой из плексигласа (частота 8 МГц).



Рис. 2. Звуковое изображение человеческого плода возраста 17 недель, полученное с помощью ультразвука частотой 5 МГц.

Литература

1. И.П. Голямина. Ультразвук. – М.: Советская энциклопедия, 1979.;
2. И.Г. Хорбенко. В мире неслышимых звуков. – М.: Машиностроение, 1971.;
3. В.П. Северденко, В.В. Клубович. Применение ультразвука в промышленности. – Минск : Наука и техника, 1967;
4. Ультразвук -Википедия. - ru.wikipedia.org/wiki/Ультразвук.

КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ ЦИОЛКОВСКИЙ И РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. И.С. Панкратов

Рук. доц. Г.И. Копач

Имя великого русского ученого, основоположника теории реактивного движения и космонавтики К.Э. Циолковского (1857-1935) известно во всем мире. Вся его деятельность - настоящий подвиг на благо всего человечества.

Циолковский - основоположник теории межпланетных сообщений. Его исследования впервые показали возможность достижения космических скоростей, доказав осуществимость межпланетных полётов. Он впервые поставил вопрос о возможности полета ракет, высказал идею создания околоземных станций как искусственных поселений, использующих энергию Солнца, и промежуточных баз для межпланетных сообщений; рассмотрел медико - биологические проблемы, возникающие при длительных космических полетах. Важнейшие научные результаты получены Циолковским в теории движения ракет (ракетодинамике). Над теорией реактивного движения К. Э. Циолковский начал работать еще в 1883г. В 1903 он опубликовал статью «Исследование мировых пространств реактивными приборами», в которой он обосновал реальную возможность их применения для межпланетных сообщений. В этой статье и её продолжениях, изданных в 1911, 1912, 1914 годах, он изложил основы теории ракет. Рассмотрение практической задачи прямолинейного движения ракеты привело Циолковского к решению ряда проблем механики тел переменной массы. Им впервые была решена задача посадки космического аппарата на поверхность планет, лишённых атмосферы. В 1926—1929 Циолковский разработал теорию многоступенчатых ракет. В 1932 он разработал теорию полёта реактивных самолётов в стратосфере и схемы устройства самолётов для полёта с гиперзвуковыми скоростями. Он рассмотрел (приблизённо) влияние атмосферы на полёт ракеты, а также вычислил необходимые запасы топлива для преодоления сил сопротивления воздушной оболочки Земли.

При создании теории полета ракет К. Э. Циолковский ввел понятие реактивной тяги, которая возникает в результате взаимодействия реактивного двигателя с истекающей из сопла струей расширяющихся при нагреве жидкости или газа. Реактивная тяга обычно рассматривается как сила реакции отделяющихся частиц. Точкой её приложения считают центр истечения — центр среза сопла двигателя ракеты, а направление — противоположным вектору скорости истечения продуктов сгорания. Реактивная тяга обеспечивает движение реактивного двигателя и связанного с ним объекта в сторону, противоположную направлению реактивной струи.

В процессе работы реактивный двигатель преобразует химическую энергию топлива в кинетическую энергию газовой струи. При сгорании топлива в камере сгорания ракеты образуются газы, нагретые до высокой температуры. При действии двигателя в течение короткого интервала времени t из сопла ракеты выбрасываются со скоростью \vec{U} относительно ракеты горячие газы массой m_1 . До начала работы двигателя импульс ракеты и горючего был равен нулю, следовательно, и после включения двигателя, в соответствии с законом сохранения импульса, сумма изменений импульса ракеты и импульса истекающих газов должна быть равна нулю:

$$\Delta m \vec{V} + \Delta m_1 \vec{U} = 0$$

где m - масса ракеты с топливом, \vec{V} - скорость ракеты, m_1 - масса выброшенных газов, \vec{U} - скорость истечения газов.

Максимально достижимая скорость ракеты зависит в первую очередь от скорости истечения газов из сопла, которая зависит от вида топлива и температуры газовой струи. Чем выше температура, тем больше скорость. Значит, для увеличения скорости движения ракеты нужно подбирать калорийное топливо, дающее наибольшее количество тепла при сгорании. Отношение массы топлива к массе ракеты в конце работы двигателя (т.е. по существу к весу пустой ракеты) называется числом Циолковского. Таким образом в безвоздушном пространстве ракета разовьёт тем большую скорость, чем больше скорость истечения газов и чем больше число Циолковского.

Формула Циолковского определяет скорость, которую развивает летательный аппарат под воздействием тяги ракетного двигателя, неизменной по направлению, при отсутствии всех других сил и имеет вид:

$$V = I \ln \left(\frac{m}{M_2} \right)$$

где:

V — конечная (после выработки всего топлива) скорость летательного аппарата;

I — удельный импульс ракетного двигателя (отношение тяги двигателя к секундному расходу массы топлива);

m — начальная масса летательного аппарата с топливом;

M_2 — конечная масса летательного аппарата без топлива.

Трудами К. Э. Циолковского заложены основы космонавтики, ставшей в наше время одним из важнейших направлений научно-технического прогресса. Циолковский явился автором большого числа оригинальных исследований по астрономии, биологии, геофизике, скоростному наземному транспорту, использованию солнечной энергии и другим перспективным разделам науки и техники. Его труды в значительной степени способствовали развитию ракетной и космической техники в СССР и других странах. За «Особые заслуги в области изобретений, имеющих огромное значение для экономической мощи и обороны Союза ССР» Циолковский в 1932 награжден орденом Трудового Красного Знамени. Не случайно так тепло сказал о Константине Эдуардовиче первый в мире космонавт Ю.А. Гагарин : «Он очень любил людей, ради которых жил и работал, все свои труды он завещал советскому народу», вот почему никогда не сотрется в веках имя Константина Эдуардовича Циолковского, «великого пионера Вселенной».

"Основной мотив моей жизни, - говорил К. Э. Циолковский, - не прожить даром жизнь, продвинуть человечество хоть немного вперед. Вот почему я интересовался тем, что не давало мне ни хлеба, ни силы, но я надеюсь, что мои работы - может быть, скоро, а может быть, и в отдалённом будущем - дадут обществу горы хлеба и бездну могущества". Эта настойчивость исканий - стремление создавать новое, забота о счастье и прогрессе всего человечества - определяла всё содержание жизни этого замечательного человека. Долгое время его считали чудачком-фантазёром, мечтателем-идеалистом. Жизнь К. Э. Циолковского — настоящий подвиг. В труднейших условиях он проводил свои теоретические и экспериментальные изыскания. Жизнь вдохновенного калужского самоучки - образец творческого дерзания, целеустремлённости, умения преодолевать препятствия, настойчивого стремления двигать вперед науку и технику своего времени.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: Э.В. Бичук, А.В. Кучеров

Рук. доц. А.А. Рожков

Появление квантовой механики – закономерное явление для научного прогресса начала XX века. В истории развития физики было немало революций, кардинально изменявших научную парадигму и взгляды ученых на методы познания и устройство мира. Однако то, что произошло с естествознанием в первой четверти XX века, не было очередной сменой основных законов. Если раньше все в окружающем нас мире было предсказуемо, то с появлением квантовой механики он стал случайным. Законы квантовой механики составляют фундамент изучения строения вещества. Они позволили выяснить строение атомов, установить природу химической связи, объяснить периодическую систему элементов, понять строение ядер атомных, изучать свойства элементарных частиц. Поскольку свойства макроскопических тел определяются движением и взаимодействием частиц, из которых они состоят, законы квантовой механики лежат в основе понимания большинства макроскопических явлений. Квантовая механика позволила, например, объяснить температурную зависимость и вычислить величину теплоёмкости газов и твёрдых тел, определить строение и понять многие свойства твёрдых тел (металлов, диэлектриков, полупроводников). Только на основе квантовой механики удалось последовательно объяснить такие явления, как ферромагнетизм, сверхтекучесть, сверхпроводимость, понять природу таких астрофизических объектов, как белые карлики, нейтронные звёзды, выяснить механизм протекания термоядерных реакций в Солнце и звёздах. Квантовая механика – фундаментальная физическая теория, что в описании микроскопических объектов расширяет, уточняет и объединяет результаты классической механики и классической электродинамики. Эта теория является базой для многих направлений физики и химии, включая физику твёрдого тела, квантовую химию и физику элементарных частиц. Термин «квантовая» (от лат. Quantum – «сколько») связан с дискретными порциями, которые теория присваивает определенным физическим величинам, например, энергии атома. Уже на протяжении века существования

квантовой механики ее предсказания никогда не были оспорены экспериментом. Квантовая механика объясняет крайней мере три типа явлений, которые классическая механика и классическая электродинамика не может описать:

- 1) квантования некоторых физических величин;
- 2) корпускулярно-волнового дуализма;
- 3) существование смешанных квантовых состояний.

В данной работе будут рассмотрены лишь самые общие аспекты и проблемы современной квантовой механики.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Барвинский А.О., Каменщик А.Ю., Пономарёв В.Н. Фундаментальные проблемы интерпретации квантовой механики. Современный подход – М.: Изд-во МГПИ, 1988;
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.1, Механика – М.: Наука, 1988;
3. Иванов П.Д. Мир Эйнштейна – М.: Логос, 2002;
4. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант – М.: Прогресс, 1994;
5. Торопин А. Общая теория квантовой механики – М.: Наука, 1992.

ОБРАТИМ ЛИ ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС?

*Харьковский национальный аграрный
университет им. В.В. Докучаева*

*Ст. О.В. Мисько
Рук. доц. С.С. Авотин*

Преращение бурного промышленного роста в развитых странах привело к парадоксальному эффекту: квалифицированный рабочий сегодня бóльшая редкость, чем полвека назад. Всё зависит от передачи конкретного опыта, и даже пятилетний разрыв между старым сварщиком-мастером и молодым учеником может означать исчезновение тех, кто умеет качественно варить. Некоторые учёные всерьёз дискутируют вопрос об устойчивости такого явления, как технологический прогресс.

Рассмотрим исторические примеры. Первые искусственно сделанные каменные орудия имеют возраст 2,6 млн лет, и на протяжении сотен тысяч лет они почти не изменялись. Почему? Люк Премо, адъюнкт-профессор Университета штата Вашингтон (США), утверждает, что всё несколько проще, чем кажется. «Неизобретательности» у предков современного вида людей не было. Просто человечество потеряло больше инноваций, чем создало.

Группы охотников и собирателей, что составляли человечество времён верхнего палеолита, по численности редко превышали 20–40 взрослых человек. Эти маленькие коллективы имели сравнительно высокие шансы на полное исчезновение.

Достаточно было быстро измениться окружающим природным условиям, и голодная смерть популяции уничтожала все её инновации. Учёный создал компьютерную модель, которая обчисляла скорость технологического развития в каменном веке. И выяснилось, что на коротких участках прогресс мог быть значительным, однако на длительных отрезках его график напоминал прямую линию, параллельную оси X.

Когда 35–40 тыс. лет назад люди заселили Тасманию, они имели каменные орудия, явно владели огнём, ловили рыбу. В находках (10–12 тыс. лет до н. э.) есть сети, бумеранги, , тёплая одежда из шкур и копья. Ничего этого к моменту прибытия европейцев не осталось: примерно 4 тыс. лет назад прекратилась обработка камня, исчезли сети. Если вы думаете, что сейчас, при высокой плотности населения и эффективных системах передачи знаний (включая письменность),

Возможен ли регресс в настоящее время? Количество научных публикаций и поданных патентных заявок несколько последних столетий рос экспоненциально.

Однако в последнее время темпы заметно снижаются. Проблема связана с тем, что молодёжь вынуждена тратить огромное время на усвоение информации. Более того, в школе знания выдаются в порядке их накопления человечеством: в результате физика преподаётся лишь в старших классах и, мягко говоря, факультативно. Мы больше времени учимся и меньше — творим.

В результате средний возраст нобелевских лауреатов по физике в 1900 году составлял 32 года, а в 2000-м — 38 лет.

Учёные считают, что признаки замедления, вызванного продолжённым периодом усвоения знаний, и есть главная причина этого явления. Так что же, может быть, нам образование «взять и отменить», а будущих физиков готовить отдельно от филологов, с начальных классов? Этот путь уже применяется и породил другую тревожную тенденцию, говорящую о возможности утраты технологий в современном мире.

По мере развития понимание средним человеком причинно-следственных взаимосвязей в распространённых технологиях падает. Человек у конвейера чаще всего не может внятно объяснить даже принцип работы ДВС.

Наукове видання

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Тези доповідей

ХІІІ регіональної наукової студентської конференції

(24-25 квітня 2013 року)

Відповідальний за випуск проф. А.О. Мамалуй

В авторській редакції

Підп. до друку 27.03 2013 р. Формат 60х84 1/16 Папір офіс-
ний.

Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 7,4. Наклад 150 прим.
Зам. №163 Безкоштовно. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ “ХПІ”.
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ “ХПІ”, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21